

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu odmašťování substrátu na vlastnosti
nátěrových systémů**

**Study of Influence Degreasing Substrate on
Characteristics Properties of Paint Systems**

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Rudolf Šimek
doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Rudolf Šimek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium vlivu odmašťování substrátu na vlastnosti nátěrových systémů
Study of Influence Degreasing Substrate on Characteristics Properties of Paint Systems

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte složení a vlastnosti nátěrových systémů.
2. Prostudujte vlastnosti odmašťovacího prostředku Simple Green Extréme.
3. Navrhněte metodiku experimentálních zkoušek.
4. Proved'te experimentální zkoušky a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu včetně ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P. *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.
PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.

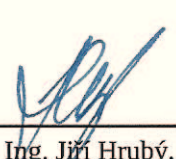
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 10. 5. 2013

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 10.5. 2013



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Rudolf Šimek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nový Malín 263

Nový Malín

78803

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠIMEK, R. *Studium vlivu odmašťování substrátu na vlastnosti nátěrových systémů: bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 60 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Podjuklová, J.,Csc..

Bakalářská práce se zabývá studiem vlivu odmašťování substrátu na vlastnosti nátěrových systémů. V úvodu této práce jsou popsány hlavní důvody proč je zapotřebí užívat nových odmašťujících přípravků. Teoretická část pojednává jak o organických povlacích (nátěrové hmoty, typy nátěrů, aplikace nátěrových hmot), tak i o vlastnostech odmašťovacích prostředků (vlastnosti pracovní směsi, použití a modifikace výrobku, všeobecná informace o složení, porovnání Simple Green Extreme Aviation s předchůdci popřípadě konkurenčními prostředky). Experimentální část popisuje jednotlivé zkoušky povrchu, které jsou následně vyhodnoceny za pomoci tabulek, grafů a obrázků.

ANNOTATION BACHELOR THESIS

ŠIMEK, R. *Study of Influence Degreasing Substrate on Characteristics Properties of Paint Systems*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013, 60 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Podjuklová, J.,Csc..

This thesis studies the influence of degreasing the substrate on the properties of coating systems. In the introduction of this work to describe the core reasons why it is necessary to use new degreasing products. The theoretical part deals with both organic coatings (paints, types of paints, coating applications) as well as degreasing properties (properties of the working mixture, using a modification of the product, general information on the composition, compared Extreme Simple Green Aviation s predecessors or competitors' products) . The experimental part describes the test surface, which are then evaluated using tables, graphs and images.

OBSAH

	strana
SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	9
0. Úvod.....	10
1. Organické povlaky	11
1.1. Nátěrové hmoty a jejich základní složení	11
1.1.1. Složení nátěrových hmot	12
1.2. Typy nátěrů a jejich vlastnosti	13
1.2.1. Vodou ředitelné nátěrové hmoty	14
1.2.2. Emulzní polymery	14
1.2.3. Lesklé emulzní nátěry.....	15
1.2.4. Základní antikorozní nátěry.....	15
1.2.5. Antikorozní pigmenty.....	15
1.3. Aplikace nátěrových hmot.....	16
1.3.1. Nanášení nátěrových hmot štětcem	16
1.3.2. Nanášení nátěrových hmot navalováním.....	17
1.3.3. Nanášení nátěrových hmot namáčením.....	17
1.3.4. Nanášení nátěrových hmot poléváním	18
1.3.5. Nanášení nátěrových hmot pneumatickým stříkáním	18
1.3.6. Stříkání ohřátých nátěrových hmot	20
1.3.7. Nanášení nátěrových hmot vysokotlakým stříkáním	20
1.3.8. Nanášení nátěrových hmot pomocí elektrických sil.....	21
2. Vlastnosti odmašťovacího prostředku Simple Green Extrême Aviation	23
2.1. Vlastnosti pracovní směsi	23
2.2. Použití výrobku, modifikace	24
2.3. Všeobecné informace o složení	25
2.4. Porovnání Simple Green Extrême Aviation s předchůdci a konkurenčními prostředky	25
2.4.1. Simple Green Crystal	25

2.4.2.	Flamil.....	25
2.4.3.	Pragolod Grato 12.....	26
3.	Návrh metodiky experimentálních zkoušek.....	27
4.	Popis experimentálních materiálů.....	28
4.1.	Materiál vzorků (substrát).....	28
4.2.	Roztoky pro čištění.....	29
4.2.1.	Odmaštění v lázni.....	30
4.2.2.	Oplach.....	30
4.2.3.	Sušení.....	30
4.3.	Nátěrová hmota.....	30
4.3.1.	Aplikace nátěrové hmoty.....	30
5.	Vyhodnocení experimentální prací.....	31
5.1.	Stanovení čistoty povrchu podle ČSN EN ISO 8501-1.....	31
5.1.1.	Vyhodnocení čistoty povrchu.....	32
5.2.	Prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3.....	33
5.2.1.	Vyhodnocení prašnosti povrchu.....	34
5.3.	Měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN EN ISO 4287.....	35
5.3.1.	Nastavené parametry.....	35
5.3.2.	Měřené parametry.....	35
5.3.3.	Vyhodnocení drsnosti podkladového substrátu.....	38
5.4.	Stanovení viskozity nátěrové hmoty dle ČSN EN ISO 2431.....	39
5.4.1.	Vyhodnocení drsnosti povrchu vzorku v podélném směru.....	40
5.5.	Stanovení tloušťky nátěru suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808.....	41
5.5.1.	Vyhodnocení tloušťky nátěru suché vrstvy.....	42
5.6.	Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2.....	43
5.6.1.	Vyhodnocení vzorku (N) dle ČSN EN ISO 2409.....	45
5.6.2.	Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 2409.....	45
5.6.3.	Vyhodnocení vzorku (E) dle ČSN EN ISO 2409.....	45

5.7.	Křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2.....	46
5.7.1.	Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 2409.....	48
5.8.	Korozní zkouška v solné mlze ČSN ISO 9227.....	49
5.9.	Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2.....	50
5.9.1.	Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2	51
6.	Ekonomické zhodnocení:	51
7.	Závěr:	52
8.	Použitá literatura:	55
SEZNAM PŘÍLOH		57
SEZNAM OBRÁZKŮ		58
SEZNAM TABULEK.....		59
SEZNAM GRAFŮ.....		60

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

ZNAK	VELIČINA	JEDNOTKA
ČSN	Česká státní norma	-
EN	Evropská norma	-
ISO	Mezinárodní norma	-
pH	vodíkový exponent	-
Zn	zinek	-
C	uhlík	-
Mn	mangan	-
P	fosfor	-
S	síra	-
λ_c	filtr profilu	[mm]
lr	délka naměřeného úseku diamantového hrotu	[mm]
Ra	střední aritmetická odchylka profilu	[μm]
Rz	maximální výška profilu	[μm]
Rq	kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu	[μm]
Rp	největší výška výstupku profilu	[μm]
Rv	největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rsk	šikmost posuzovaného profilu	[-]
Rku	špičatost posuzovaného profilu	[-]
ν	kinetická viskozita	[mm^2/s]

0. Úvod

Tématem bakalářské práce je studium vlivu odmašťování substrátu na vlastnosti nátěrových systémů. Toto téma jsem si zvolil z důvodu porovnání staršího a novějšího odmašťujícího přípravku od téhož výrobce. Novější produkt Simple Green Extreme Aviation je obohacen o inhibitory koroze. Jedná se o čisticí a odmašťující přípravky, které bezproblémově fungují při běžných dílenských teplotách, není zapotřebí dodávat teplo.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. První (teoretické) část pojednává o teoretických poznatcích organických povlaků a o vlastnostech odmašťovacích prostředků. Druhá (experimentální) část popisuje jednotlivé zkoušky povrchu.

Hlavním bodem při hodnocení odmašťujících směsí je přilnavost nátěrového systému k povrchu substrátu, která je vyhodnocena na základě vhodnosti kotvícího profilu zkoumaných vzorků. Dalším bodem je porovnání a vyhodnocení korozní odolnosti vzorků.

V dnešní době se kladou velké nároky na snižování provozních nákladů a rovněž na ekologickou zátěž pro životní prostředí. Z tohoto důvodu odmašťující prostředky Simple Green Crystal a Simple Green Extreme Aviation jsou ekologicky odbouratelné a nejsou vyrobeny z ropných produktů. Jsou to prostředky, které se mohou používat v potravinářském průmyslu i ve farmacii. Oba výrobky hodnotíme jak z hlediska odmašťování podkladového substrátu, tak i z hlediska následné aplikace nátěrového systému např. pneumatickým stříkáním. Provedené zkoušky nám pomohou vyhodnotit, který odmašťující přípravek je vhodnější.

1. Organické povlaky

Organické povlaky jsou využívány jako jeden ze způsobů povrchových úprav sloužící k ochraně ocelových výrobků a konstrukcí proti korozi. Použitím organických povlaků se řadí mezi nejběžnější a ekonomicky výhodné způsoby ochrany proti korozi, pomocí kterých se zvyšuje odolnost a životnost kovových výrobků. [1]

Vzhledem k dostupnosti tvoří organické povlaky zhruba 80% povrchových úprav, nicméně je třeba upozornit na značný podíl na znečišťování životního prostředí, především organickými rozpouštědly. Díky této skutečnosti byly vyvinuty inovační technologie a nové druhy nátěrových materiálů, které lépe zohledňují ochranu životního prostředí. [2]

Mezi nátěrové materiály patří zejména:

- vodou ředitelné nátěrové hmoty,
- vysokosušinové nátěrové hmoty,
- práškové plasty.

K ochraně kovového povrchu před přístupem vody a agresivních složek jsou nejčastěji využívány nátěry. Vzhledem k tomu, že nátěry nejsou úplně bezpórovité, obsahují pigmenty a inhibitory koroze, pomocí nichž dochází k zneškodnění agresivních složek, které prostupují k povrchu kovu vrstvou nátěru. Dochází tak tedy k zpomalení nebo úplnému zastavení procesu koroze. [1]

Mezi organické povlaky, které neobsahují antikorozi pigmenty, řadíme zejména povlaky z plastických hmot. Jejich povrch musí být úplně bezpórovitý a ochranné působení těchto hmot je bariérové. [1]

1.1. *Nátěrové hmoty a jejich základní složení*

Za pomoci nátěrových hmot vytváříme ucelený ochranný povlak, který se skládá z jedné nebo více vrstev nátěru na povrchu předmětu. Nátěry rozeznáváme podle jejich účelu:

- ochranný,
- dekorativní,
- signální,
- maskovací,
- speciální. [1]

1.1.1. Složení nátěrových hmot

Za nátěrové hmoty lze považovat všechny výrobky, které jsou používány k aplikaci nátěrů. Jedná se zejména o organické látky jednotlivých druhů, které mohou být nanášeny jak v tekuté, tak i v těstovité konzistenci a vytvářejí film požadovaných vlastností na daném předmětu. [1]

Rozlišujeme nátěrové hmoty transparentní, které jsou charakteristické zejména průhledným nátěrovým filmem (např. fermez, lak). Dalším druhem nátěrových hmot jsou pigmentované, které se vyznačují zejména neprůhledným filmem. Do této kategorie nátěrových hmot řadíme především email, tmel a barvu. [1]

Nátěrové hmoty obsahují především filmotvorné složky, těkavé složky, pigmenty, plnidla a aditiva. [1]

1) Filmotvorné složky (pojiva)

Jednou z vlastností filmotvorné složky je schopnost vytvořit tenkou jednolitou vrstvu. Rozdíly mezi jednotlivými pojivy jsou zejména v chemickém složení a fyzikálních vlastnostech. Filmotvorné látky je možné různě kombinovat, aby se dosáhlo požadovaných vlastností ochranného nátěru. Mezi filmotvorné látky řadíme vysychavé oleje, přírodní živice, umělé živice, deriváty celulózy, deriváty kaučuku a asfalty. [1]

2) Těkavé složky (rozpouštědla)

Používají se v aplikačním procesu k rozpouštění pojiv při zhotovení nátěrových hmot a na úpravu jejich konzistence. Mezi nejběžnější těkavé látky patří benzíny, benzeny a jeho homology, alkoholy, ketony, estery kyseliny octové, glykoletery a terpentýnové silice. [1]

3) Pigmenty

Pigmenty jsou obsaženy v pojivě jako jemně rozptýlené organické a anorganické částičky. Za hlavní vlastnosti pigmentů lze považovat zbarvení nátěru, krycí schopnost, tvrdost, prodloužení trvanlivosti nátěru a zvýšení odolnosti vůči korozi a teplu. Rozlišujeme tři základní skupiny pigmentů – inhibitorové, neutrální a stimulující. [1]

Ochranný účinek *inhibitorových pigmentů* je vytvářen pomocí pasivace povrchu železa, která je vytvořena těžko rozpustnými sloučeninami (zinková žlut), regulace pH a vytváření

inhibičních látek (suřík), nebo elektrochemické ochrany (Zn – prach). Hlavní využití těchto pigmentů spočívá při výrobě základních nátěrových hmot. [1]

Dalším druhem jsou *neutrální pigmenty*, které se využívají pro výrobu vrchních nátěrů. Slouží především ke zlepšení fyzikálních vlastností vrchních nátěrů. [1]

Základní skupinu pigmentů uzavírají *stimulující pigmenty*. Vyznačují se elektrickou vodivostí, která je způsobena chemickou netečností pigmentů. Stimulující pigmenty jsou nevhodné pro základní nátěry, ale pro jejich nízkou chemickou slučivost se využívají k pigmentaci vrchních ochranných nátěrů. Důležitost je kladena na výběr pigmentů při vytváření základních a vrchních nátěrových hmot, které musí zohledňovat specifické vlastnosti korozního prostředí, pro které jsou ochranné nátěry určeny. Málo reaktivní pigmenty jsou určeny pro prostředí vysoce agresivní. Pro nátěry vystavené slunečnímu záření je naopak zcela vhodné použití pigmentace nátěrů pomocí zinkové běloby. Její hlavní výhodou je nepropustnost ultrafialového záření a díky tomu zpomaluje stárnutí. [1]

4) Plnidla

Plnidla jsou nerozpustné v pojivech, jemně rozemleté minerální látky, které upravují vlastnosti nátěrového povlaku po technologické stránce, např. znemožňují smrštění filmu po uschnutí nátěru. [1]

5) Aditiva

Další složku nátěrových hmot tvoří aditiva, kam se řadí např. sušidla, stabilizátory, zvláčňovadla, emulgátory, které se přidávají do nátěrových hmot s obsahem vysychavých olejů. Hlavní využití je při výrobě fermeží a olejových nátěrových hmot. [1]

1.2. Typy nátěrů a jejich vlastnosti

Vzhledem k neustálým tlakům na splňování požadavků ochrany životního prostředí, byly vyvinuty nové druhy materiálů i nové technologie, které daným požadavkům nejlépe vyhovují. Tyto materiály můžeme rozdělit do základních skupin, a sice vodou ředitelné nátěrové hmoty, vysoko sušidlové nátěrové hmoty a práškové plasty. Jednotlivé skupiny budou více rozebrány v následujících podkapitolách. [2]

1.2.1. Vodou ředitelné nátěrové hmoty

Vodou ředitelné nátěrové hmoty se používají zejména ve stavebnictví, kde tvoří zhruba 75% používaných nátěrových hmot. Tento druh nátěrových hmot nachází své uplatnění také ve strojírenství. [2]

Nátěrové hmoty určené pro stavebnictví jsou převážně na bázi polyvinylacetátových a akrylátových disperzí. Nátěrové hmoty používané na kovové materiály jsou vyrobeny ze široké škály polymerních materiálů. V rámci rozdělení vodou ředitelných nátěrových hmot rozeznáváme dvě základní skupiny:

- materiály na bázi pryskyřic rozpustných ve vodě,
- emulzní (disperzní) materiály. [2]

V materiálech, respektive nátěrových hmotách na bázi vodou ředitelných pryskyřic, jsou ve velké míře zastoupena organická rozpouštědla. Zároveň dané materiály umožňují takovou konzistenci emailů, která se vyznačuje vysokou kvalitou s lesklým vzhledem. Naopak organická rozpouštědla nejsou ve velké míře obsažena v disperzních materiálech, jsou obsažena pouze v malém množství tzv. koalescentů pro lepší a snadnější tvorbu povlaku. [2]

1.2.2. Emulzní polymery

K výrobě disperzních nátěrových hmot jsou využívány zejména jednotlivé druhy polymerů. Mezi nejstarší typy je řazen kopolymer polyvinylacetát, který není vhodný pro venkovní použití a v místech s vyšší vlhkostí z důvodu snadné zmýdelnitelnosti. Mezi typická změkčovadla patřily akryláty a později ethylény. Vyznačovaly se především svými lepšími vlastnostmi a zvýšenou odolností vůči atmosférickým vlivům. [2]

Důležitou skupinu tvoří čisté akryláty. Jedná se o kopolymery metylmetakrylát a alkylakrylát, které splňovaly vybrané požadavky, za které zle považovat např. odolnost vůči atmosférickým vlivům, stálý barevný odstín a odolnost proti alkáliím. Čisté akryláty jsou určeny pro venkovní základní nátěry dřevěných materiálů, antikorozní nátěry kovových materiálů a také pro lesklé nátěry. [2]

V disperzních nátěrových hmotách budou významný podíl zaujímat polymerní systémy s obsahem ethylenu. Důvodem je zejména jejich odolnost proti povětrnostním podmínkám, vodě a alkáliím. [2]

1.2.3. Lesklé emulzní nátěry

Jedním z hlavních cílů je zvýšení podílu využití emulzních nátěrových hmot pro lesklé nátěry. Pro dosažení optimálních vlastností je velice důležitý výběr nejvhodnějších aditiv. Běžné disperzní nátěrové hmoty neumožňují dostatečný rozliv, a proto je nezbytně nutné přidávat do nátěrových hmot vhodná aditiva. Nejčastěji se využívají alkalicky rozpustné akrylátové zahušťovky. Jedná se o nízkomolekulární akrylátové kopolymery, které obsahují kyselinu akrylátovou. Tyto kopolymery při neutralizaci zhoustnou, proto přidáním malého množství aditiv dochází ke zvýšení viskozity. [2]

1.2.4. Základní antikoroziní nátěry

Hlavní rozdíl mezi disperzními nátěrovými hmotami a rozpouštědlovými nátěrovými hmotami spočívá zejména ve vysoké propustnosti vody. Při formulaci antikoroziního základu se tato vlastnost musí brát na zřetel. Je třeba použít vhodné inhibiční pigmenty, které jsou odolné vůči elektrochemické reakci na povrchu nátěru. Nevhodné jsou pigmenty, které tvoří bariérovou ochranu. [2]

1.2.5. Antikoroziní pigmenty

Nejvhodnějšími pigmenty pro disperzní nátěrové hmoty jsou molybdenové, které působí jako anodický inhibitor. Inhibiční účinek molybdenanů na ocel je v destilované vodě nižší než chromanů. Jejich účinek ovšem roste v prostředí s obsahem chloridů. Z důvodu cenové náročnosti se pigmenty vyrábějí jako jádrové. Na vnitřním jádře, které je obvykle z oxidu zinečnatého, uhličitanu vápenatého, se vytvoří málo rozpustný povlak molybdenanu zinečnatého nebo vápenato-zinečnatého. Polymolybdenany vznikají v kyselém prostředí z molybdenanu a jsou velmi vhodnými inhibitory koroze. [2]

Základní molybdenan vápenozinečnatý na uhličitanu vápenatém se používá pro vodou ředitelné barvy. Molybdenan zinečnatý se používá v rozpouštědlových nátěrových hmotách, protože pro vyšší rozpustnost ve vodě není vhodný. [2]

1.3. Aplikace nátěrových hmot

Celkovou životnost a jakost nátěru ovlivňují důležité faktory, jako jsou správná volba technologie nebo způsob aplikace nátěrových hmot. Každý způsob nanášení má určité výhody a nevýhody. Pro volbu správného způsobu aplikace, je především potřeba přihlédnout k povaze natíraného předmětu a k povaze nátěrové hmoty. V rámci rozdělení do pěti základních skupin podle hledisek technologie nanášení patří:

- velikost, tvar a množství předmětů,
- požadované finální vlastnosti zhotoveného nátěru,
- kvalita povrchu materiálu,
- vlastnosti použitých nátěrových hmot,
- pracnost a ekonomičnost jednotlivých technologií nanášení. [1]

1.3.1. Nanášení nátěrových hmot štětcem

Způsob nanášení nátěrových hmot štětcem se dá označit jako jeden z nejstarších, v dnešní době stále hojně používaný. Natěrači, kteří nanášejí nátěrovou hmotu, musí být svědomití a také řemeslně zruční. Štětce, kterými se nátěr nanáší, musí být kvalitní. Výroba se provádí v různých provedeních a velikostech. Délka štětín by se měla pohybovat kolem pěti centimetrů. Dle hustoty nátěrové hmoty se dělí do dvou druhů délky štětín. [1]

Natírání se realizuje štětcem namočeným do nátěrové hmoty, který se otře o hranu nádoby, z důvodu odstranění přebytku, a aplikuje se třemi až čtyřmi tahy na povrch předmětu. Jednotlivé tahy se provádějí pod mírným tlakem, který se postupně zvyšuje. Natíráním se štětec vyprazdňuje od nátěrové hmoty. Nanesená vrstva se roztírá kolmo na předchozí tahy štětcem pod vyšším tlakem. Poté je vrstva roztírána největším tlakem ještě jednou také kolmo oproti předchozím tahům. Uhlazení nátěru provedeme mírným tlakem štětce. [1]

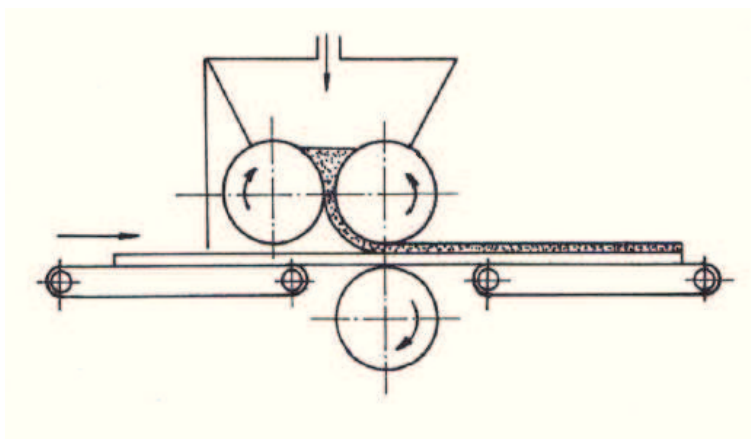
Pro nanášení základního nátěrového materiálu je ideální použít štětec. Nanášení štětcem umožní dokonale rozpracovat nátěrovou hmotu, která má pak lepší schopnost přilnout do pórů materiálu, čímž je dosažena lepší soudržnost nátěru s podkladovým materiálem. [1]

Díky minimálním ztrátám při natírání za pomoci štětce nebylo prozatím nahrazeno žádnou jinou modernější metodou pro nanášení u velkých konstrukcí, přestože je to velmi pracné. [1]

1.3.2. Nanášení nátěrových hmot navalováním

Na rovinné plochy je velmi výhodné použít metodu navalování nátěrových hmot. Používá se na povrchovou úpravu dynamových, transformátorových plechů, obalů, linoleí, papírových lepenek a dřevotřískových desek. [1]

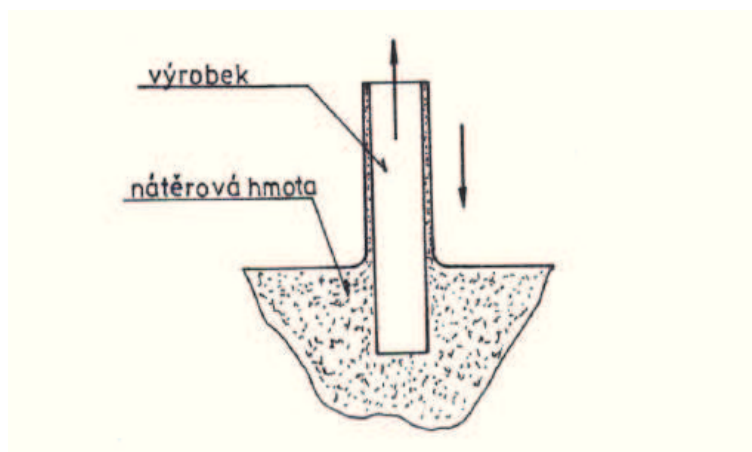
Mezi přednosti této výroby patří malá ztrátovost při nanášení (2 – 5 %) za použití dokonalé automatizace a mechanizace. Pro nanášení touto metodou je zapotřebí minimálně tři válce (viz Obr 1.1). Válec, za pomoci kterého se nanáší nátěrová hmota, je vyroben ze speciální gumy. Konzistence nátěrové hmoty je vyšší, dávkování se provádí pomocí čerpadla z centrálního rozvodu nebo ze zásobní nádrže. Z důvodů ochrany gumového válce je zapotřebí používat nátěrové hmoty bez obsahu ředidel s aromatickými uhlovodíky. Regulace tloušťky nátěru se provádí nastavením vzdáleností válce od upraveného povrchu, nebo rychlostí a směrem otáčení. [1]



Obr. 1.1 - Navalovací zařízení se třemi válci [1]

1.3.3. Nanášení nátěrových hmot namáčením

Tato metoda je založena na jednoduchém principu vnoření předmětu do nádoby s nátěrovou hmotou, a pak následném vynořování konstantní rychlostí (viz Obr. 1.2). Stečením přebytečné hmoty docílíme požadovaného nátěru. Tloušťka je ovlivněna rychlostí vynořování a hustotou nátěrové hmoty. Tvar nátěru je klínovitý. Rozměry namáčecí nádoby by měli odpovídat velikosti a tvaru namáčených výrobku. Velký objem nádoby není žádoucí, jelikož dochází k odpařování rozpouštědel, a je zapotřebí velkého množství nátěrové hmoty. Při správném dimenzování by se měla projevit spotřeba minimálně 10% objemu nádoby za směnu. Aplikace máčením se zejména uplatňuje u velkosériové výroby např. (odlitky, díly jízdních kol, disky automobilových kol...). [1]



Obr. 1.2 - Nanášení nátěrové hmoty máčením [1]

1.3.4. Nanášení nátěrových hmot poléváním

Nanášení nátěrových hmot poléváním je podobné jako nanášení nátěrových hmot za pomoci máčení. Charakteristickým rysem pro polévání je možnost nanášení nátěrové hmoty na velmi rozměrné výrobky. Při tomto způsobu je možná jednostranná úprava, při které jsou ztráty a spotřeby nátěrových hmot výrazně nižší. Tato metoda má i své nevýhody, mezi které patří klínovitost nátěrů, stékance a kapky na hranách. Nanášení poléváním dýzami nebo clonou se provádí tímto způsobem. Provedení spočívá v tom, že výrobky které procházejí tunelem, jsou zavěšeny na dopravníku. V tunelu dochází k rovnoměrnému nastříkání nátěrovou hmotou. Druhým způsobem polévání je za použití polévání clonou, kdy z úzké štěrbiny v polévací hlavě vytéká nátěrová hmota přímo na povrch výrobku, pohybujícího se na dopravním páse. [1]

1.3.5. Nanášení nátěrových hmot pneumatickým stříkáním

Jedním z nejrozšířenějších způsobů nanášení nátěrových hmot je pomocí pneumatického stříkání. Je vhodný zejména pro moderní rychleschnoucí nátěrové hmoty celulózové a syntetické. Ideální použití je pro rozměrné plochy, protože umožňuje rovnoměrný nástřik a velmi hladký povrch. [1]

Pomocí moderních metod se dá stříkání snadno mechanizovat a automatizovat. Součástí stříkacího zařízení je stříkací pistole, ve které proudí stlačený vzduch a proud nátěrové hmoty je strháván tak, že vznikne kužel jemných kapek, dopadajících na povrch výrobku a vytvářejí tak souvislý povlak. [1]

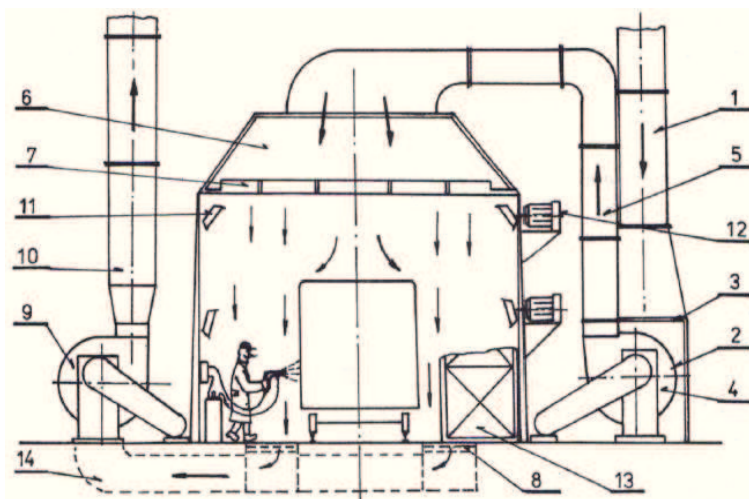
Značnou nevýhodou této metody jsou velké ztráty rozpouštědla a značné rozprašování nátěrové hmoty do vzduchu. Je potřeba, aby nátěrová hmota určená ke stříkání byla dostatečně zředěna. [1]

Stříkací kabiny, ve kterých se provádí stříkání, slouží zejména k omezení rozptylu nátěrových hmot do prostoru a také k zabránění úniku těkavých látek obsažených v nátěrových hmotách. Kabiny jsou stolové, podlahové a tunelové. [1]

Stolové kabiny slouží na stříkání drobných předmětů. Součástí kabin je pracovní stůl a vhodné odsávání, které jsou umístěny na zadní stěně za pracovním stolem. Ventilátor, a ostatní strojní zařízení jsou umístěny pod stolem. [1]

Podlahové kabiny jsou určeny pro stříkání předmětů větších rozměrů, které jsou do kabiny dopraveny na vozíku, pomocí kladkostroje, podvěsným dopravníkem, apod. Odsávání je umístěno na zadní stěně a vzduch je čerpán z okolí. Vzduch v kabině proudí téměř vodorovně. [1]

Tunelové kabiny slouží pro průběžnou úpravu poměrně velkých, rozměrných předmětů. Mechanismus tunelové stříkací kabiny je znázorněn na následujícím obrázku (viz Obr. 1.3). [1]



Obr. 1.3 - Tunelová stříkací kabina [1]

1.3.6. Stříkání ohřátých nátěrových hmot

Při nanášení ohřátých nátěrových hmot stříkáním nedochází ke snižování konzistence přidáváním ředidel, ale samotným ohřátím nátěrové hmoty. Zahřeje-li se nátěrová hmota do 50 °C, dochází k největšímu poklesu konzistence hmoty. Běžně se pracuje při teplotě 70 - 80 °C. [1]

Výhody tohoto způsobu nanášení spočívají v:

- docílení silnějšího nátěru jednotlivých vrstev, což vede k omezení počtu jednotlivých nátěrů,
- minimální potřeba ředění nátěrových hmot,
- snížení ztrát nátěrových hmot přestříkem o 15-18 %. [1]

Hlavní nevýhodou stříkání ohřátých nátěrových hmot je nevhodnost pro výrobu, z důvodu měnícího se druhu a odstínu nátěrové hmoty. [1]

1.3.7. Nanášení nátěrových hmot vysokotlakým stříkáním

Tento způsob nanášení se vyznačuje tím, že nátěrová hmota je rozprašována za působení vysokého tlaku ve speciálních dýzách. Samotné stříkací zařízení se skládá z vysokotlaké pumpy, vysokotlaké pistole a vlastní vysokotlaké nádoby, která je určena pro nátěrovou hmotu. [1]

Hlavní výhoda tohoto způsobu nanášení spočívá ve spolehlivém vniknutí nátěrové hmoty i do těžko přístupných míst, jako např. těsné spáry, ostré hrany, atd. Další nemalou výhodou je snížení ztrát o 30 %. Ve srovnání s pneumatickým stříkáním, kde za pomoci vzduchu se nanášená nátěrová hmota odráží od nastříkané plochy a strhává i část již rozprášené hmoty, při vysokotlakém zařízení nátěrová hmota dopadá na povrch vlastní energií, tudíž její odraz od nátěrové plochy je minimální. [1]

Pro tento způsob nanášení nátěrových hmot se využívají nátěrové hmoty vyšší konzistence, což způsobuje značné úspory v používání ředidel. Výhodou vysokotlakého nanášení je jeho možnost využití při nanášení základních a podkladových nátěrů na velkých plochách, jako např. lodě, lokomotivy, velké konstrukce, železniční vagóny, panely, stavební stroje, nábytek, aj. [1]

1.3.8. Nanášení nátěrových hmot pomocí elektrických sil

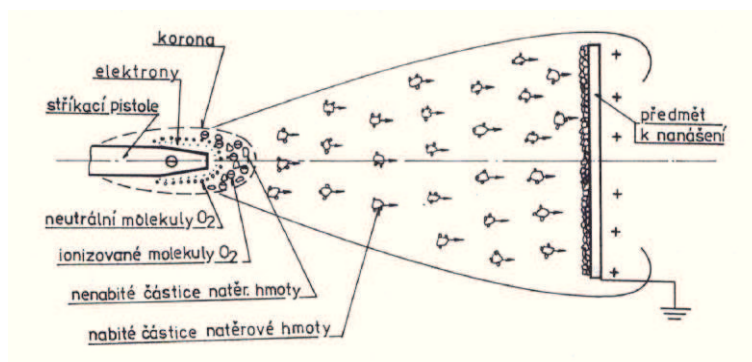
U tohoto způsobu nanášení nátěrových hmot se využívá fyzikálních zákonů, které pojednávají o vzájemné přitažlivosti opačně nabitých částic. Této metody se rovněž využívá při průmyslové velkovýrobě např. při povrchových úpravách automobilů a výrobků strojírenského zboží. [1]

1) Nanášení nátěrových hmot v el. poli vysokého napětí (elektrostatické nanášení)

Princip nanášení v el. poli vysokého napětí je takový, že částice nátěrové hmoty jsou nabité elektrickým nábojem a směřují k povrchu předmětu který je opačně polarizován, kde se usazují, tím vytvářejí souvislou nátěrovou vrstvu. Za zdroj nabíjení je zde považován tzv. koronový výboj. Tento výboj se vytváří v blízkosti povrchu první ionizační elektrody, kde plyn nárazově ionizuje. Druhá elektroda je vyrobena tak, aby na ní náboj nevznikal za běžných podmínek. [1]

Elektronový výboj se vyznačuje tím, že elektrony opouštějí elektrodu. Jsou urychlovány intenzitou pole rozprostřeného kolem této elektrody na rychlost, při které vznikají srážky. Jejich důsledkem jsou pozitivní ionty a další elektrony. Tento proces se opakuje, opět za pomoci urychlení vznikají další ionizace. Proces bývá nazýván elektronovou lavinou. U Koronova výboje je relativně malá proudová hustota. [1]

Schematické znázornění velmi zjednodušeného principu nabíjení a nanášení částic nátěrové hmoty (viz Obr. 1.4)



Obr. 1.4 - Princip nanášení v el. poli vysokého napětí [1]

Stříkácí pistole, do níž je přiváděna nátěrová hmota, je připojena na vysoké napětí. Za vlivu korony dochází k ionizaci molekul kyslíku z ovzduší, při kterém vznikají záporné

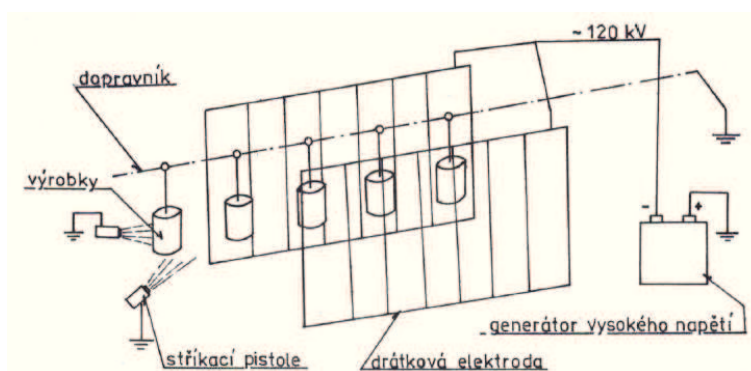
ionty. Tyto ionty nabíjejí částičky nátěrové hmoty rozptýlené ve vzduchu. Nabité částičky jsou přitahovány předměty uzemněnými a kladně nabitými. [1]

2) Technologie nanášení nátěrových hmot v el. poli vysokého napětí

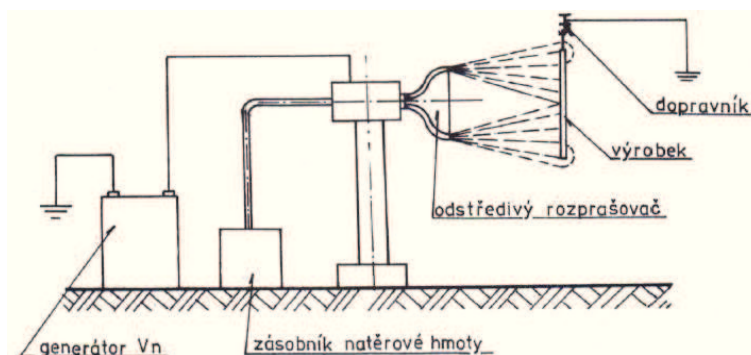
Nanášení nátěrových hmot v el. poli se dá rozdělit dvěma způsoby. Technologie stříkáním a odstředivým rozprašováním. [1]

Stříkáním nátěrové hmoty do prostoru mezi soustavu elektrod stříkacími pistolemi, lze znatelně snížit ztráty prostřikem. Částičky nátěrové hmoty které mají el. náboj se pohybují podél siločar el. pole. Po dopadu na povrch ulpívají na předmětu a předávají el. náboj (viz Obr. 1.5). Díky tomuto principu je možné mechanizovat tento proces. [1]

Nanášení rozprašováním za pomoci odstředivé síly a el. korony je velmi účinné na snížení prostřiku a je možné tento proces opět mechanizovat. Elektroda, která rotuje, má tvar kužele a je připojena k zápornému pólu VN. Nátěrová hmota je přivedena do středu kužele (viz Obr. 1.6). Jakost nátěrové hmoty velmi ovlivňuje kvalitu nátěru. [1]



Obr. 1.5 - Schéma zařízení pro stříkání v el. poli [1]



Obr. 1.6 - Schéma zařízení na odstředivé rozprašování nátěrové hmoty v el. poli [1]

2. Vlastnosti odmašťovacího prostředku Simple Green Extrême Aviation

Na odmašťování je kladen značný nárok zejména u disperzních barev, z důvodu absence rozpouštědel. Vodou ředitelné nátěrové hmoty jsou velmi citlivé na jakoukoli přítomnost mastnoty z důvodu vysokého povrchového pnutí vody. Pokud není povrch dokonale odmaštěn, může vzniknout povlak, jehož přilnavost je nedostatečná. [13]

Simple Green Extrême Aviation (viz. Obr. 2.1) je průmyslový čistící a odmašťovací prostředek s vysokou účinností. Tento prostředek je vodou ředitelný, použitelný ke všeobecnému odmašťování a čištění značně znečištěných povrchů. Simple Green Extrême Aviation splňuje nejvyšší bezpečnostní kritéria. Byl vyvinut k čištění plastových, kovových i lakovaných povrchů. Aplikace tohoto odmašťovadla se provádí za pomoci postřikovacích strojů. Déle je možno aplikovat tlakovou i ultrazvukovou metodou, aniž by způsobilo jakékoliv poškození čištěných povrchů, proto je možno použít v letecké i pozemní dopravě. [13]



Obr. 2.1 - Simple green extrême (balení) [13]

2.1. Vlastnosti pracovní směsi

Odmašťovací prostředek Simple Green Extrême Aviation není hořlavý a ani nepění. Neobsahuje stopy abraziva, nemusí se oplachovat. Prostředek není parfémovaný ani nijak zabarvený. Bez obsahu teflonu a silikonu. Tato směs je dodávána ve vysoké koncentraci a ředí se studenou vodou až do poměru 1:200. Po naředění dle požadavků ideálně odmašťuje při dílenské teplotě, která činí 10 – 80 °C. Podle vyhlášky MŽP č 509/2005 Sb. tento roztok není považován za produkt s obsahem organických rozpouštědel, je velmi dobře biologicky odbouratelný a obsahuje inhibitor koroze. Je šetrný k životnímu prostředí. [13]

2.2. Použití výrobku, modifikace

Na trhu se nachází i modifikace tohoto produktu s názvem *Extrême Simple Green Motorsport Degrease* (viz. Obr. 2.2), který byl vyvinut pro motocyklové nadšence. Ti požadovali čisticí prostředek, za pomoci kterého by bylo možno čistit a odmašťovat bez jakéhokoli poškození barev či laků. Velkou výhodou tohoto přípravku je, že nezpůsobuje korozi oceli, hliníku ani chromu. Může být použit i na čištění motovybavení (bot, oděvů, kůže, přileb i plexi) a nejrůznějších vodě odolných povrchu. Má všestranné použití při odstraňování nečistot např. (asfaltu, ptačího trusu, prachu, černých šmouh, hlíny, grafitu, maziva, ropných skvrn, chladicích kapalin, převodových olejů, šmouh od trávy...) a je dodáván v balení s rozprašovačem, který umožňuje jednoduché použití. [15]



Obr. 2.2 - Simple Green Extrême Motorsport Degrease (láhev s rozprašovačem) [15]

Simple Green Extrême lze považovat za plnohodnotnou náhradu těchto přípravků:

- Perchloethylen (perchlor),
- Prichlorethylen (trychlor),
- Louh (hydroxid sodný, hydroxid draselný),
- Toulén,
- Technický benzín,
- Aceton,
- Xylen,
- Arvu.

2.3. *Všeobecné informace o složení*

Směs je tvořená vodným roztokem tenzidů, bez přítomnosti hydroxidů a solí. Tato směs je 100 % rozpustná. Ve stoprocentním koncentrátu je pH 10 - 10,5. Před likvidací není zapotřebí tuto směs nijak neutralizovat, lze ji po dohodě zlikvidovat v čističce. Jelikož je bez obsahu komplexotvorných látek, tak negativně ovlivňuje kalové hospodářství. [13]

2.4. *Porovnání Simple Green Extrême Aviation s předchůdci a konkurenčními prostředky*

Žádný z průmyslových koncentrovaných čistících a odmašťovacích přípravků není úplně shodný svými vlastnostmi. Pro porovnání jsem zvolil tři zástupce.

2.4.1. Simple Green Crystal

Tento čistící prostředek je předchůdcem Simple Green Extrême Aviation. Jedná se o vysoce koncentrované účinné průmyslové rozpouštědlo. Je určeno pro postřikovací a čistící stoje, rovněž také k ultrazvukovému a tlakovému odmašťování. [14]

Přípravek byl vyhodnocen zkušebnou ITC Zlín jako poživatina druhé třídy, tedy je vhodný pro farmaceutický a potravinářský průmysl. Jedná se o ekologicky šetrný výrobek. Rovněž je ředitelný studenou vodou až do poměru 1:200. Optimálně odmašťuje při dílenské teplotě 18 - 22 °C což znamená velkou úsporu energie. Ve stoprocentním koncentrátu je pH 9,3 - 9,5. Přípravek obsahuje přibližně 80 % superčisté vody. [14]

2.4.2. Flamil

Flamil 75 je vysoce koncentrované průmyslové odmašťovadlo. Používá se k odmašťování před povrchovou úpravou, nebo při odmašťování strojů a zařízení. Ředění se provádí v poměru 1:10 - 1:200. Zvyšováním teploty roste i účinnost roztoku. Jedná se o prostředek s velmi malou emulgační kapacitou, proto je vhodný pro odmašťovací zařízení, které mají uzavřený okruh. Rozpouští a odstraňuje tuky, oleje, mazadla, pryskyřice, plísňe, usazeniny karbonu. Díky své vysoké účinnosti plně nahrazuje odmašťovadla na bázi ropy. [16]

2.4.3. Pragolod Grato 12

Jedná se o středně pěnivý tenzidový alkalický přípravek s pasivačním účinkem. Tento přípravek je vhodný pro čištění železných a neželezných kovů, skla a keramiky. Obsahuje látky, které mohou poskytnout dočasnou protikorozi ochranu ocelovému odmaštěnému povrchu. Aplikace se provádí ručním natíráním, ponorem, postřikem, pomocí vysokého tlaku páry i pomocí ultrazvuku při teplotě od 20 °C podle druhu znečištění. Při požadavku pasivačního účinku je doporučeno dávkovat 0,2 - 1,0 % Pragolodu Grato 12 do posledního oplachu před sušením.

3. Návrh metodiky experimentálních zkoušek

- Příprava vzorků**
- materiál vzorků (substrát)
 - experimentální odmašťování průmyslovými odmašťovacími (Simple Green Extreme Aviation, Simple Green Crystal)
 - nátěrová hmota – aplikace pneumatickým stříkáním
- Povrch vzorku**
- čistota povrchu dle ISO 8501-1, makrosnímek (zvětšení 200x)
 - prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3
 - drsnost povrchu vzorku dle ISO 8503
(drsnoměr Mitutoyo Surf-test-301-dle ČSN EN ISO 4287)
- Zkoušky nátěru**
- stanovení viskozity nátěrové hmoty dle ČSN EN ISO 2431
 - stanovení tloušťky nátěru suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808
 - mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2
 - křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2
 - korozní zkouška v solné mlze ČSN ISO 9227
 - stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2

4. Popis experimentálních materiálů

Experimentální měření probíhala při teplotě 18,2 °C a vlhkosti vzduchu 68 %.

4.1. Materiál vzorků (substrát)

Pro experimentální zkoušku byly použity vzorky nízkouhlíkových ocelových plechů válcovaných za studena typu STANDARD o rozměrech 102 x 152 x 0,8 mm, které byly výrobcem obroušeny z jedné strany (viz Obr. 4.1). Vzorky byly vizuálně čisté, odmaštěné a opatřené okem pro zavěšení ve tvaru písmene Q. Pro porovnání přilnavosti nátěrové hmoty byly použita sada vzorků.

Bližší specifikace udávané firmou LABIMEX s.r.o. pro standardní testovací kovové panely Q-LAB CORPORATION (viz Tab. 4.1, 4.2):

Tab. 4.1 - Obchodní označení

Vzorek STANDARD (nízkouhlíkový ocelový plech)		
Typ	Označení	Popis
S	S-46	CRS SAE 1008/1010, 0.8mm, broušený z jedné strany

Tab. 4.2 - Chemické složení vzorku STANDARD

Chemické složení – vzorek STANDARD (S-46)				
Prvky	C	Mn	P	S
Obsah [%] – max.	0,15	0,60	0,030	0,035



Obr. 4.1 - Fotografie vzorku STANDARD (S-46)

4.2. Roztoky pro čištění

Pro experimentální čištění byly použity 3 sady vzorků, s experimentálním označením (viz Tab. 4.3).

Tab. 4.3 - Označení zkušebních vzorků

Označení vzorků typu STANDART (S-46) - způsob odmaštění	
<i>N</i>	Ponecháno bez úprav, tak jak bylo dodáno výrobcem
<i>C</i>	Odmaštěno v roztoku Simple Green Crystal
<i>E</i>	Odmaštěno v roztoku Simple Green Extrême Aviation

Pro namíchání obou roztoků byla zvolená koncentrace v poměru 1:15, která je doporučena pro odmašťování STANDARDŮ (S-46), jelikož už byly jednou odmaštěny. Měření teploty roztoku bylo prováděno měřicím přístrojem ELCOMETER (viz Obr. 4.2). Naměřené hodnoty byly zapsány, dále zprůměrovány. Následně byly stanoveny průměrné hodnoty (viz Tab. 4.4).

Tab. 4.4 - Teplota odmašťovacích roztoků

Stanovení průměrné teploty roztoků		
Počet měření	(C) Simple Green Crystal	(E) Simple Green Extrême Aviation
1.	18,4	18,3
2.	18,4	18,3
3.	18,4	18,3
Ø	18,4°C	18,3°C

Tyto naměřené hodnoty vyhovují požadavkům čisticích prostředků na výši teploty, ve které bezproblémově čistí a odmašťují.



Obr. 4.2 - Měřicí přístroj ELCOMETER

4.2.1. Odmaštění v lázni

Experimentální odmašťování vzorků *C* a *E* bylo provedeno v roztocích namíchaných ve skleněných vanách. Aplikace byla prováděna ponorem při teplotě okolí. Jelikož STANDARDY byly očištěny výrobcem, výrazně neklesá účinnost a pH lázně tak rychle jak při silně znečištěném povrchu.

4.2.2. Oplach

Oplach byl proveden pod tekoucí vodou. V běžné praxi bychom rozměrné předměty oplachovali hadicí připojenou na užitkovou vodu případně pneumatickým očištěním. Přebytek vodní složky ulpělé na povrchu odmaštěného podkladového substrátu byl odstraněn osušením horkovzdušným fénem.

4.2.3. Sušení

Sušení vzorků po oplachu bylo provedeno v horkovzdušné peci při teplotě 70 °C. Účelem dodatečného sušení bylo zamezení mikrokoroze spojené s vlhkostí obsažené v okolní atmosféře.

4.3. Nátěrová hmota

Byl použit vodou ředitelný antikorozi lak s názvem BAKRILEX (polotovar). Jedná se o alkydovou nátěrovou hmotu, která je určena pro krátkodobou antikorozi ochranu vůči korozním vlivům. Antikorozi lak byl ředěn v poměru 1:10 pitnou vodou.

4.3.1. Aplikace nátěrové hmoty

Nátěrová hmota byla nanášena na povrch všech vzorků STANDARDU - (S46) metodou pneumatické stříkání ve stolové kabině. Nanášení bylo prováděno v jedné souvislé vrstvě o tloušťce cca 75 µm (mokrý vrstva). Po vyztužení byla výsledná tloušťka nátěrové hmoty cca od 40 do 55 µm. Z důvodu dobré viskozity byly zvoleny následující parametry stříkacího zařízení (viz Tab. 4.5).

Tab. 4.5 - Stanovené parametry

Parametry pneumatického stříkání	
Průměr trysky	1 [mm]
Tlak v ústí trysky	0,2 [MPa]

5. Vyhodnocení experimentální prací

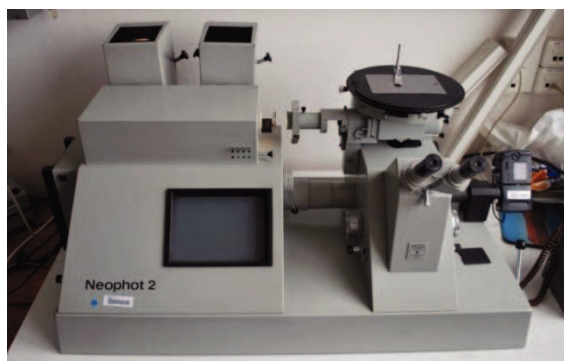
Vyhodnocení bylo provedeno podle všech platných norem a zákonitostí.

5.1. Stanovení čistoty povrchu podle ČSN EN ISO 8501-1

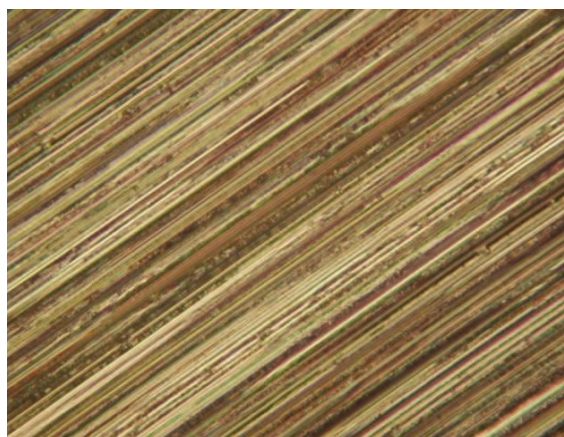
Čistota povrchu je stanovena platnou normou ČSN EN ISO 8501-1, která stanovuje stupně přípravy povrchu a stupně zarezivění. Pomocí této normy vizuálně vyhodnocujeme tyto stupně za pomoci definovaných slovních spojení a reprezentativních fotografií. Vizuální hodnocení vzorku proběhlo pouze okem za běžného rozptýleného denního světla.

Zkoumané vzorky STANDART (N, C, E) již byly z jedné strany upraveny povrchovou úpravou broušením. Dále byly očištěny, odmaštěny a připraveny k okamžitému použití pro nanesení nátěrové hmoty.

Běžný optický přístroj NEOPHOT 2 (viz Obr. 5.1) byl kalibrován podle měřky, a bylo nastaveno jeho celkové zvětšení povrchu 200x. Po bližším prozkoumání vzorků bylo zjištěno (viz Obr. 5.2), že povrch je kovově čistý, bez známek nečistot a rzi. Splňuje stupeň **St3**.

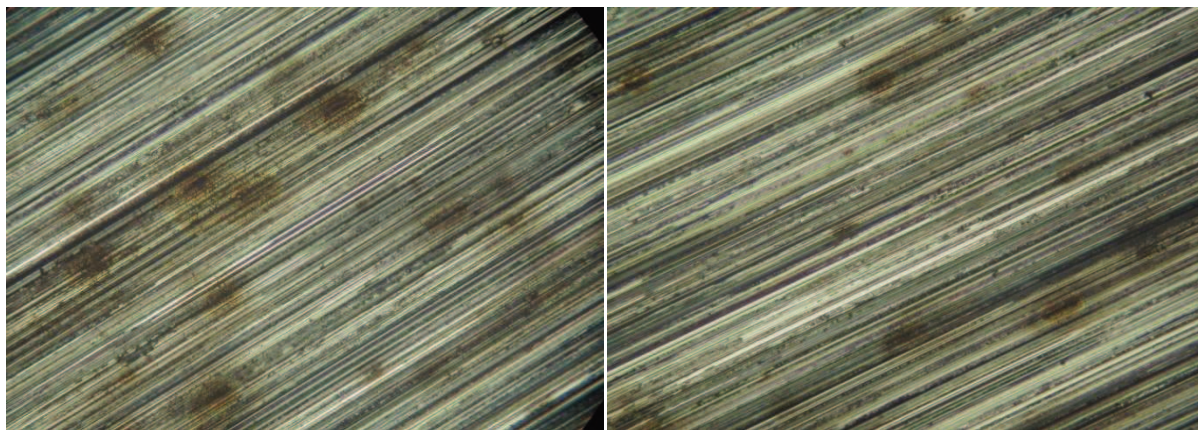


Obr. 5.1 - Běžný optický přístroj NEOPHOT 2



Obr. 5.2 - Povrch vzorku STANDARD (S-46), (zvětšení 200x)

Rovněž byly tímto přístrojem prozkoumány vzorky *C* a *E*. Zde bylo odhaleno, že po osušení už povrch vzorků nebyl kovově čistý. Povrch byl po dodatečném odmaštění vysoce reaktivní, objevila se povrchová bodová mikrokoroze (viz Obr. 5.3).



Obr. 5.3 vlevo - Povrch vzorku *C*; **vpravo** - Povrch vzorku *E*,
(zvětšení 200x)

5.1.1. Vyhodnocení čistoty povrchu

V této zkoušce se hodnotila čistota povrchu. Nejlépe dopadl vzorek STANDARD typu N, který byl dodán výrobcem a nebyl nijak dodatečně odmaštěn.

Na povrchu vzorku *C* vlevo, který byl odmaštěn v roztoku Simple Green Crystal, se už po usušení objevila plošná bodová koroze okolo 20%. Povrch je znatelně zkorodovaný a vysoce reaktivní. Je lépe odmaštěn.

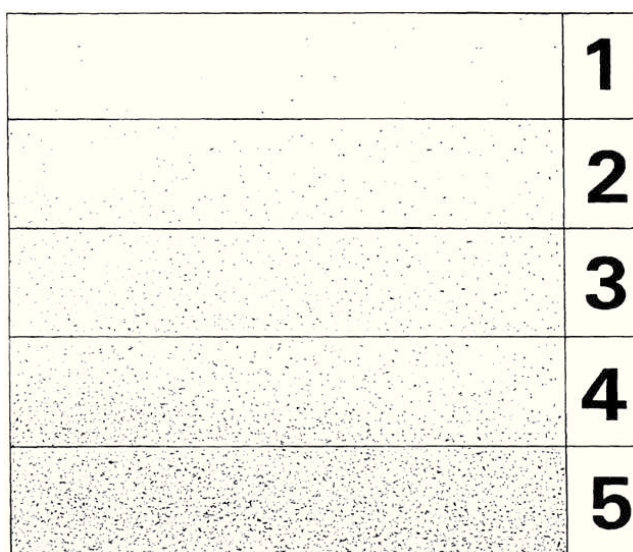
Povrch vzorku *E*, který byl odmaštěn v roztoku Simple Green Extrême Aviation, je plošná koroze z důvodu přidání pasivační složky neboli inhibitorů koroze, nižší než 20%. Tzn. povrch je méně reaktivní s volnou atmosférou, avšak je zapotřebí provést minimální povrchovou ochranu aplikací např. nátěrové hmoty.

Tento markantní nástup koroze mohl být zapříčiněn 68 % vlhkostí okolního vzduchu.

Touto zkouškou byla hodnocena prašnost povrchu dle normy ČSN ISO 8502-3 u všech zkoumaných vzorků před samotným nanášením barvy. Tato metoda se prováděla za použití číré samolepící pásky a bílého podkladového papíru, aby se stanovilo množství částic prachu na povrchu.

Po přiložení samolepící pásky na povrch zkoumaných vzorků a důkladném přitlačení ji odtrhneme pod úhlem cca 180° a nalepíme na předem připravený bílý papír. Následně vizuálně vyhodnotíme míru znečištění této pásky a přiřadíme k odpovídající předloze v tabulkách z normy (viz Tab. 5.1, Obr. 5.4). Tyto tabulky udávají třídu velikosti prachových částic (v rozsahu 0 až 5) a stupeň zaprášení povrchu (v rozsahu 1 až 5). U obou případů hodnocení přiřadíme odpovídající číselná označení.

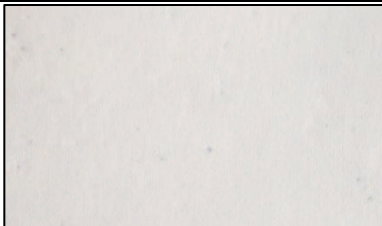
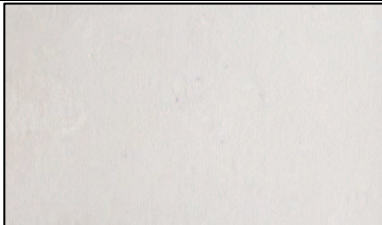
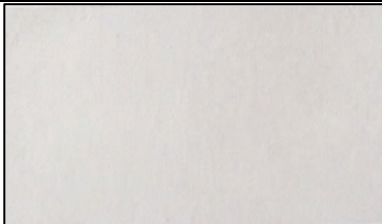
Třída velikosti	Popis dle normy ČSN ISO 8502-3	Rozměr
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x	-
1	Částice viditelné při zvětšení 10x (ne prostým okem)	< 50µm
2	Částice je viditelná prostým okem	50µm - 100 µm
3	Částice jasně viditelná prostým okem	0,5mm
4	-	0,5 mm – 2,5mm
5	-	> 2,5mm



Obr. 5.4 - *Obrazová stupnice množství prachu [7]*

Stanovené hodnoty prašnosti povrchu s ilustrací jsou vyhodnoceny (viz Tab. 5.2).

Tab. 5.2 - Vyhodnocení prašnosti povrchu

Vyhodnocení prašnosti vzorku STANDARD dle ČSN ISO 8502-3 (stupně hodnocení prašnosti povrchu)				
Č. zkoušky	Množství částic	Velikost částic	Grafické znázornění	
1	1	0		
2	1	0		
3	1	0		

5.2.1. Vyhodnocení prašnosti povrchu

Po důkladném prozkoumání lze dojít k závěru, že povrch všech vzorků je vizuálně i technicky čistý. Nebyly nalezeny žádné nečistoty na povrchu podkladového substrátu (částice ulpělé na povrchu byly viditelné pouze při zvětšení 10x). Povrch podkladového substrátu STANDARD je vhodný pro následnou aplikaci povrchové ochrany např. vodou ředitelnou nátěrovou hmotou.

5.3. Měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN EN ISO 4287

Měření drsnosti povrchu před nanesením nátěru bylo realizováno metodou MITUTOYO SURFTEST. Tato dotyková metoda se provádí přístrojem MITUTOYO SJ 301 (viz Obr. 5.5), při které se k měření používá profilometr. Veškeré měření bylo prováděno dle platné normy ČSN EN ISO 4287 a dle standardu měření 1997, na vybraném vzorku a to ve směru jak podélném tak i příčném. Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulek a za pomoci výpočtu byl zjištěn jejich rozptyl.



Obr. 5.5 - MITUTOYO SJ 301

5.3.1. Nastavené parametry

Podle standardu ISO 1997 byly nastaveny parametry měření (viz Tab. 5.3).

Tab. 5.3 - Nastavené parametry přístroje

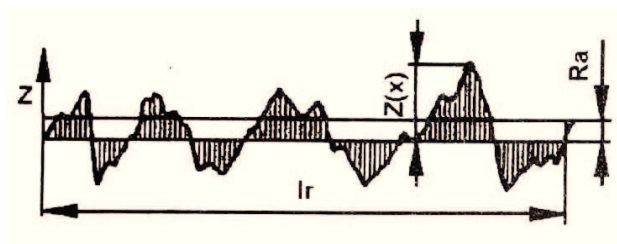
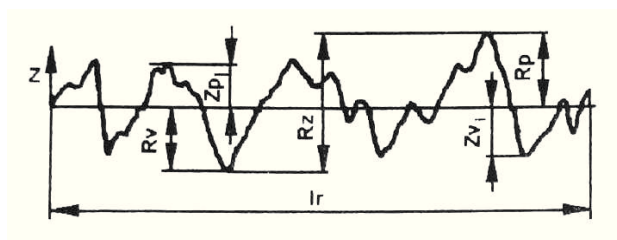
Přístroj MITUTOYO SJ 301	
λc – filtr profilu (definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti)	2,5 mm
l_r – délka měřeného úseku (dráha diamantového hrotu)	4 mm

5.3.2. Měřené parametry

Byly změřeny zadané parametry drsnosti dle normy ČSN EN ISO 4287 za pomoci přístroje MITUTOYO SJ 301 (viz Tab. 5.4).

Tab. 5.4 - Přístrojem měřené parametry

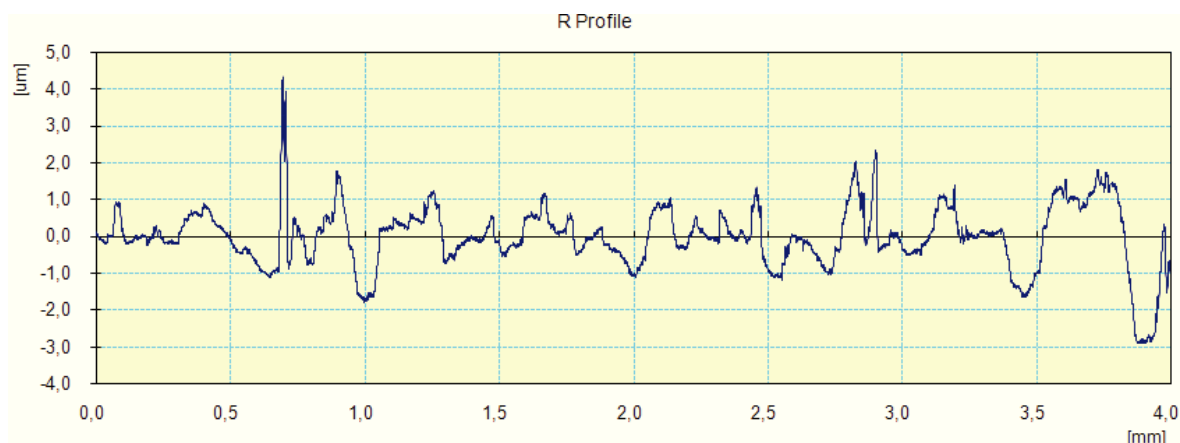
Popis měřených parametrů	
R_a – střední aritmetická úchylka profilu [μm]	Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r (viz. Obr. 5.6).
R_z – největší výška profilu [μm]	Součet výšky nejvyššího výstupku a hloubky nejnižší prohlubně v rozsahu délky l_r .
R_q – průměrná kvadratická úchylka profilu [μm]	Průměrná kvadratická hodnota pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r .
R_p – největší výška výstupku profilu [μm]	Výška Z_p největšího výstupku profilu a rozsahu základní délky l_r (viz. Obr. 5.7).
R_v – největší hloubka prohlubně profilu [μm]	Hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky l_r (viz. Obr. 5.7).
R_{sk} – šikmost posuzovaného profilu [-]	Podíl průměrných hodnot třetích mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny R_q v rozsahu základní délky l_r . Negativní hodnota R_{sk} odpovídá dobrým vlastnostem nosnosti profilu.
R_{ku} – špičatost posuzovaného profilu [-]	Podíl průměrných hodnot čtvrtých mocnin pořadnic $Z(x)$ a čtvrté mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky l_r . Pro normální rozdělení souřadnic profilu $R_{ku} = 3$. Když jsou ostřejší výstupky a rýhy tak $R_{ku} > 3$ a opačně.

Obr. 5.6 - Parametr drsnosti R_a [5]Obr. 5.7 - Parametry drsnosti R_z , R_p , R_v [5]

Tab. 5.5 - Hodnoty drsnosti vzorku STANDARD (N) v podélném směru

Parametry drsnosti vzorku STANDARD (N) v podélném směru							
č. měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [μm]	Rku [μm]
1	0,51	2,42	0,61	1,21	1,21	-0,20	2,73
2	0,49	2,52	0,61	1,28	1,24	-0,22	2,46
3	0,61	3,48	0,80	2,05	1,42	0,39	3,49
4	0,40	2,39	0,53	1,56	0,84	0,71	3,62
5	0,57	3,49	0,74	2,09	1,40	0,36	4,32
6	0,40	2,34	0,51	1,07	1,28	-0,26	3,54
7	0,52	2,87	0,63	1,59	1,28	-0,13	2,63
8	0,54	3,01	0,66	1,68	1,34	0,26	2,70
9	0,35	2,09	0,44	1,07	1,02	0,13	2,81
10	0,60	3,90	0,80	2,28	1,63	0,44	5,23
Ø	0,50	2,85	0,63	1,59	1,27	+	3,35
Min.	0,35	2,09	0,44	1,07	0,84	-0,26	2,46
Max.	0,61	3,90	0,80	2,28	1,63	0,71	5,23

Výsledné průměrné hodnoty: $R_a = (0,50 \pm 0,085) \mu\text{m}$ $R_z = (2,85 \pm 0,57) \mu\text{m}$

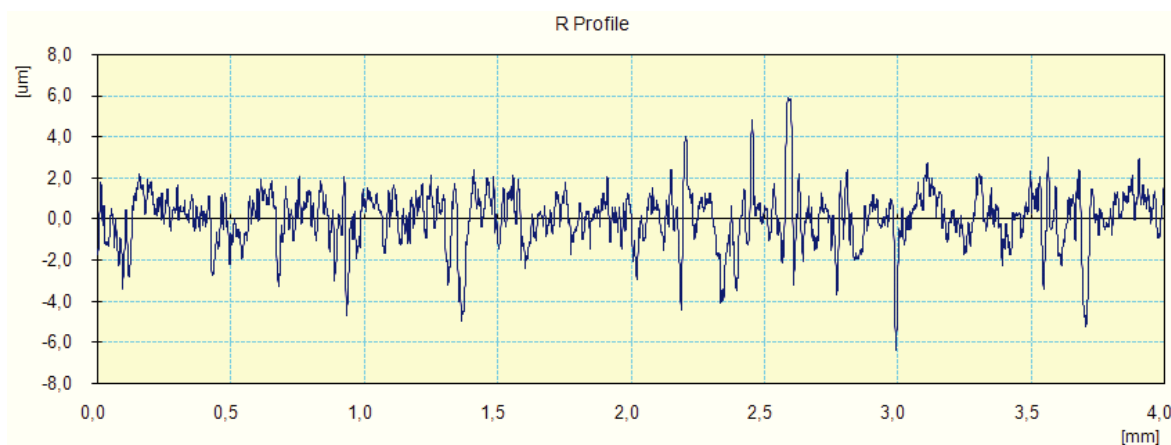


Obr. 5.8 - Graf hodnot drsnosti vzorku STANDARD (N) v podélném směru

Tab. 5.6 - Hodnoty drsnosti vzorku STANDARD (N) v příčném směru

Parametry drsnosti vzorku STANDARD (N) v příčném směru							
č. měření	Ra[μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	0,98	7,10	1,27	3,06	4,04	-0,64	3,97
2	0,87	7,19	1,14	3,10	4,09	-0,61	4,19
3	0,88	5,91	1,10	2,65	3,26	-0,34	3,07
4	0,92	7,80	1,21	3,45	4,35	-0,51	4,55
5	1,03	7,29	1,31	2,89	4,40	-0,66	3,56
6	0,92	7,17	1,19	2,99	4,15	-0,51	3,63
7	0,81	7,16	1,06	3,25	3,90	-0,58	4,62
8	0,94	7,09	1,19	3,09	4,00	-0,44	3,63
9	0,87	6,66	1,09	3,16	3,39	-0,12	3,08
10	0,98	8,37	1,33	3,51	4,87	-	4,94
Ø	0,92	7,17	1,19	3,12	4,05	-0,49	3,92
Min.	0,81	5,91	1,06	2,65	3,26	-0,66	3,07
Max.	1,03	8,37	1,33	3,51	4,87	-0,12	4,94

Výsledné průměrné hodnoty: $R_a = (0,92 \pm 0,062) \mu\text{m}$ $R_z = (7,17 \pm 0,61) \mu\text{m}$



Obr. 5.9 - Graf hodnot drsnosti vzorku STANDARD (N) v příčném směru

5.3.3 Vyhodnocení drsnosti podkladového substrátu

Drsnost v podélném směru byla podstatně menší. Daný fakt poukazuje na směr broušení v průběhu mechanické předpravy povrchu podkladového substrátu. Naměřená průměrná hodnota $R_a = (0,50 \pm 0,085) \mu\text{m}$ a $R_z = (2,85 \pm 0,57) \mu\text{m}$. Naměřené hodnoty drsnosti povrchu podkladového substrátu v příčném směru byly podstatně vyšší. Výsledné naměřené a zprůměrované hodnoty byly $R_a = (0,92 \pm 0,062) \mu\text{m}$ a $R_z = (7,17 \pm 0,61) \mu\text{m}$. Podkladový substrát je ideální pro nanesení tenké vrstvy nátěrové hmoty za účelem

krátkodobé antikorozi ochrany. Pro nanesení vyšších tloušťek nátěrové hmoty pro dlouhodobou ochranu je zapotřebí provést mechanickou před úpravu např. otryskáváním ostrohrannou drtí.

5.4. Stanovení viskozity nátěrové hmoty dle ČSN EN ISO 2431

Před měřením byl zvolen průměr trysky 4 mm z důvodu předpokládané viskozity. Pro stanovení viskozity se používá jednoduchého zařízení (viz Obr. 5.10). Výtokové pohárky mají přesně stanovený objem i tvar včetně tolerancí dle ČSN EN ISO 2431. Za pomoci gravitace protéká nátěrová hmota přes soustředný otvor v pohárku. Doba, za kterou nátěr vyteče, se nazývá doba tečení a je stanovena stopkami. Z doby tečení se za pomoci vzorce (viz. Tab. 5.7) vypočítá kinetická viskozita.

Je možné použít čtyř různých trysek, které jsou vyrobeny z materiálu odolného vůči korozi nebo slinutého karbidu, o průměru (3mm, 4mm, 5mm, 6mm) pro změření různých materiálů, ale pouze těch, u kterých lze určit okamžik přerušení tečení. Tato metoda je vhodná pouze pro kapaliny, které představují nejlepší viskózní tokové chování.

Výtoková doba se určuje od okamžiku, kdy nátěr začne vytékat z trysky naplněného pohárku až po okraj do okamžiku, kdy se proud nátěru přeruší. Tato doba by neměla být delší než 100s.

Tab. 5.7 - Vzorce pro výpočet viskozity [8]

Rovnice pro výpočet kinetické viskozity pro dané průměry dle ČSN EN ISO 2431	
Průměr výtokové trysky 3mm	$v = 0,443 * t - \left(\frac{200}{t}\right)$
Průměr výtokové trysky 4mm	$v = 1,37 * t - \left(\frac{200}{t}\right)$
Průměr výtokové trysky 5mm	$v = 3,28 * t - \left(\frac{200}{t}\right)$
Průměr výtokové trysky 6mm	$v = 6,90 * t - \left(\frac{570}{t}\right)$

Naměřený časový údaj byl převeden z minut na sekundy pro snazší dosazení do vzorce (viz. Tab. 5.8).

Tab. 5.8 - Doba tečení

Změřený čas stopkami		
Čas	1:11.45[min.]	71,45[s]

Vzorec pro stanovení viskozity z doby tečení pro 4mm trysku, ν [$\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$]:

$$\nu = 1,37 * t - \left(\frac{200}{t}\right)$$

$$\nu = 1,37 * 71,45 - \left(\frac{200}{71,45}\right)$$

$$\nu = 95,09 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Po použití výtokového pohárku je zapotřebí jej ihned umýt a vyčistit. V žádném případě nesmí být použito kovových čistících nástrojů nebo hrubých čistících prostředků. Toto by zapříčinilo znehodnocení z důvodu zdrsnění vnitřního povrchu.



Obr. 5.10 - Výtokový pohárek (foto před měřením)

5.4.1. Vyhodnocení drsnosti povrchu vzorku v podélném směru

Za pomoci stopek byl naměřen čas, za který barva proteče z výtokového pohárku skrz trysku o průměru 4 mm. Naměřená hodnota času neboli doba tečení je 71,45 s. Užitím vzorce byla zjištěna kinetická viskozita $\nu = 95,09 \text{ mm}^2/\text{s}$. Po propočítání bylo zjištěno, že viskozita nátěrové hmoty je dostatečná, tzn. vodou ředitelná nátěrová hmota je dostatečně viskózní a není nutné provádět další dodatečné ředění. Nátěrovou hmotu lze nanášet nátěrovým pravítkem, štětcem případně pneumatickým stříkáním.

5.5. Stanovení tloušťky nátěru suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Pro stanovení tloušťky suché vrstvy nátěru byl použit digitální tloušťkoměr ELCOMETER 345 (viz Obr. 5.11). Přístroj funguje na principu měření nemagnetických povlaků (elektricky nevodivých) na feromagnetickém podkladu (elektricky vodivém podkladovém substrátu). Metoda je založena na principu elektromagnetické indukce. Na každém vzorku bylo provedeno celkem 10 x měření dle normy ČSN EN ISO 2808, naměřené a vypočtené hodnoty byly zapsány do tabulky.

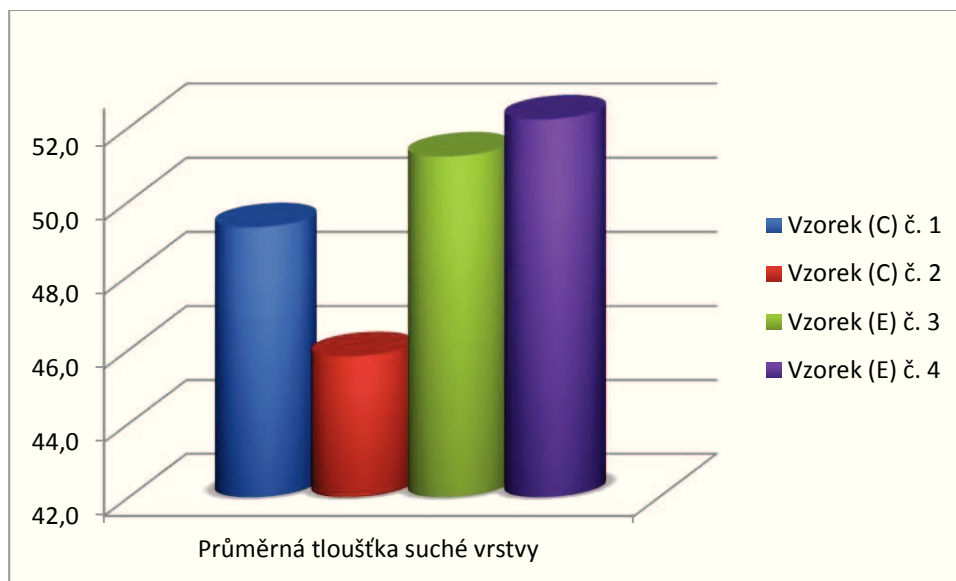


Obr. 5.11 - Elcometer 345

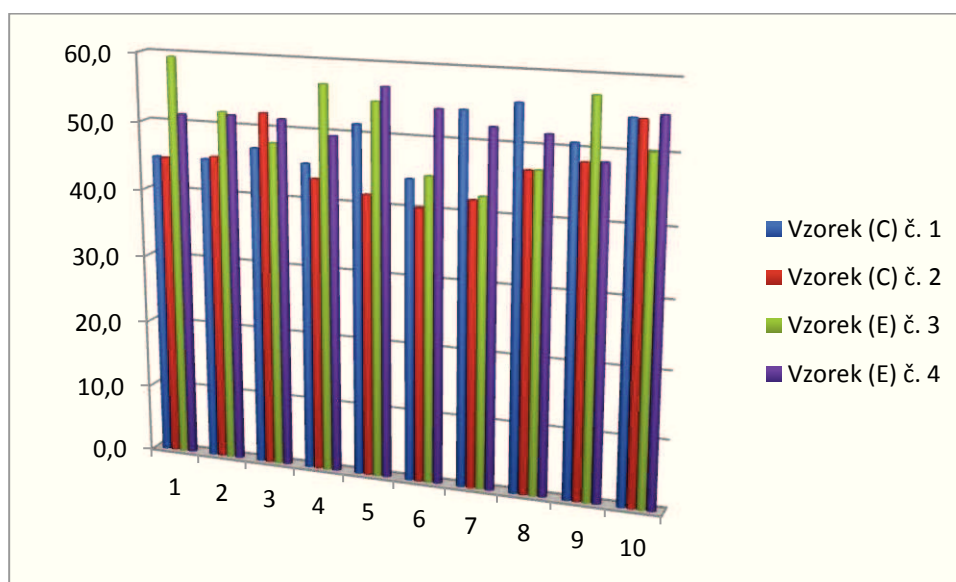
Měření bylo provedeno na stabilním stole z důvodu zaručení nehybnosti při měření, na každý vzorek byl měřicí přístroj přikládán kolmo k suché nátěrové hmotě. Následovalo odečtení naměřené hodnoty z přístroje.

Tab. 5.9 - Hodnoty tloušťky suché vrstvy

Tloušťky suché vrstvy				
Č. měření	Vzorek (C) č. 1 [μm]	Vzorek (C) č. 2 [μm]	Vzorek (E) č. 3 [μm]	Vzorek (E) č. 4 [μm]
1	44,8	44,7	59,4	51,2
2	44,9	45,3	51,9	51,5
3	47,0	52,1	47,9	51,4
4	45,3	43,2	56,7	49,5
5	51,4	41,5	54,7	56,8
6	44,2	40,2	44,8	54,2
7	54,3	41,9	42,5	52,2
8	55,7	46,6	46,7	51,7
9	50,8	48,2	57,3	48,4
10	54,6	54,5	50,2	55,2
Ø	49,3	45,8	51,2	52,2



Graf 1 - Srovnání průměrné tloušťky suché vrstvy



Graf 2 - Hodnoty jednotlivých tloušťek suché vrstvy pro všechny vzorky

5.5.1. Vyhodnocení tloušťky nátěru suché vrstvy

Na každém vzorku bylo provedeno 10 měření. Tloušťka nanesené a vysušené barvy se pohybovala od 40 do 55 μm. Průměrná hodnota suché vrstvy byla kolem 50 μm.

Tyto hodnoty naneseného a vytvrzeného nátěru jsou dostatečné pro následující experimenty. Odchylka naměřených hodnot se pohybovala do 10 % výsledné nanesené suché vrstvy. Byly splněny veškeré podmínky.





5.6. Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2

Jedna z metod, kterou se dá stanovit přilnavost nátěrové hmoty, se nazývá mřížková zkouška dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Tato metoda se řadí mezi zkoušky destruktivní. Jedná se o hodnocení odolnosti nátěrové hmoty vůči oddělení od základního substrátu. Byla provedena na všech vzorcích.

Na čistý povrch nátěrové hmoty bylo vyřezáno 6 řezů podélně a 6 řezů příčně za pomoci řezacího nože a vodící šablony až k základnímu materiálu. Rozestup mezi jednotlivými řezy musí být shodný, a je volen podle tloušťky naneseného suchého nátěru dle ČSN EN ISO 2409 (viz Tab. 5.11). V tomto případě je tloušťka nátěru od 40 do 55 μm , tudíž rozestup mezi jednotlivými řezy volíme 1mm. Po vyřezání zkušebních mřížek byla přiložena adhezní páska, přitlačena a následně sejmuta pod úhlem cca 60°. Na každém vzorku byly provedeny 4 mřížkové zkoušky. Proběhlo vizuální vyhodnocení dle klasifikace stupňů (viz Obr. 5.12) a následně bylo vše zaznačeno do tabulek (viz Tab. 5.13, 5.14, 5.15).

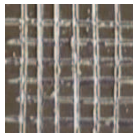
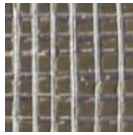
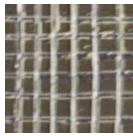
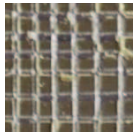
Tab. 5.10 - Tloušťka nátěru dle ČSN EN ISO 2409

Tloušťky nátěru dle ČSN EN ISO 2409	
0 μm - 60 μm	1mm rozestup, pro tvrdé podklady
0 μm - 60 μm	2mm rozestup, pro měkké podklady
61 μm - 120 μm	2mm rozestup, pro tvrdé i měkké podklady
121 μm - 250 μm	3mm rozestup, pro tvrdé i měkké podklady

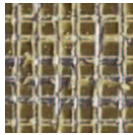
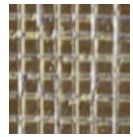
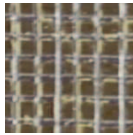
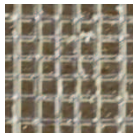
Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování (Příklad pro šest rovnoběžných řezů)
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není poškozen	-
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5 %	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5 %, ale menší než 15 %	
3	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech částečně nebo zcela, a/nebo se odlupuje částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15 %, ale menší než 35 %	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35 %, ale menší než 65 %	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4	-

Obr. 5.12 - Klasifikační stupně ČSN EN ISO 2409[8]

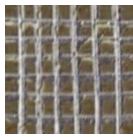
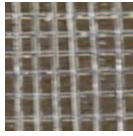
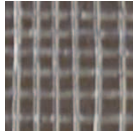
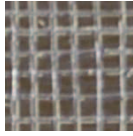
Tab. 5.11 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro N

Vyhodnocení vzorku (N) dle ČSN EN ISO 2409		
Mřížka	Graf. znázornění	Klasifikační stupeň
č. 1		1
č. 2		1
č. 3		1
č. 4		1

Tab. 5.12 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro C

Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 2409		
Mřížka	Graf. znázornění	Klasifikační stupeň
č. 1		1
č. 2		1
č. 3		1
č. 4		1

Tab. 5.13 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro E

Vyhodnocení vzorku (E) dle ČSN EN ISO 2409		
Mřížka	Graf. znázornění	Klasifikační stupeň
č. 1		0
č. 2		0
č. 3		0
č. 4		0

5.6.1. Vyhodnocení vzorku (N) dle ČSN EN ISO 2409

Průměrná tloušťka nátěrové hmoty byla v rozmezí 0 μm - 60 μm , proto byl volen 1 mm rozestup řezů, pro tvrdé podklady. Výsledná klasifikace byla vyhodnocena klasifikačním stupněm 1. Docházelo k odlupování nanesené nátěrové hmoty v místě křížení řezu. Nátěrová hmota dostatečně přilnula k podkladovému substrátu.

5.6.2. Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 2409

Rovněž jako u vzorku typu N byla tloušťka nátěrové hmoty v rozmezí 0 μm - 60 μm . Taktéž rozestup drážek byl zvolen 1mm. Celková klasifikace byla opět označena klasifikačním stupněm 1. Malé kousky nátěrové hmoty povlaku odloupnuty v místě křížení řezu. Poškozená plocha byla menší než 5 %. Nátěrová hmota dostatečně přilnula.

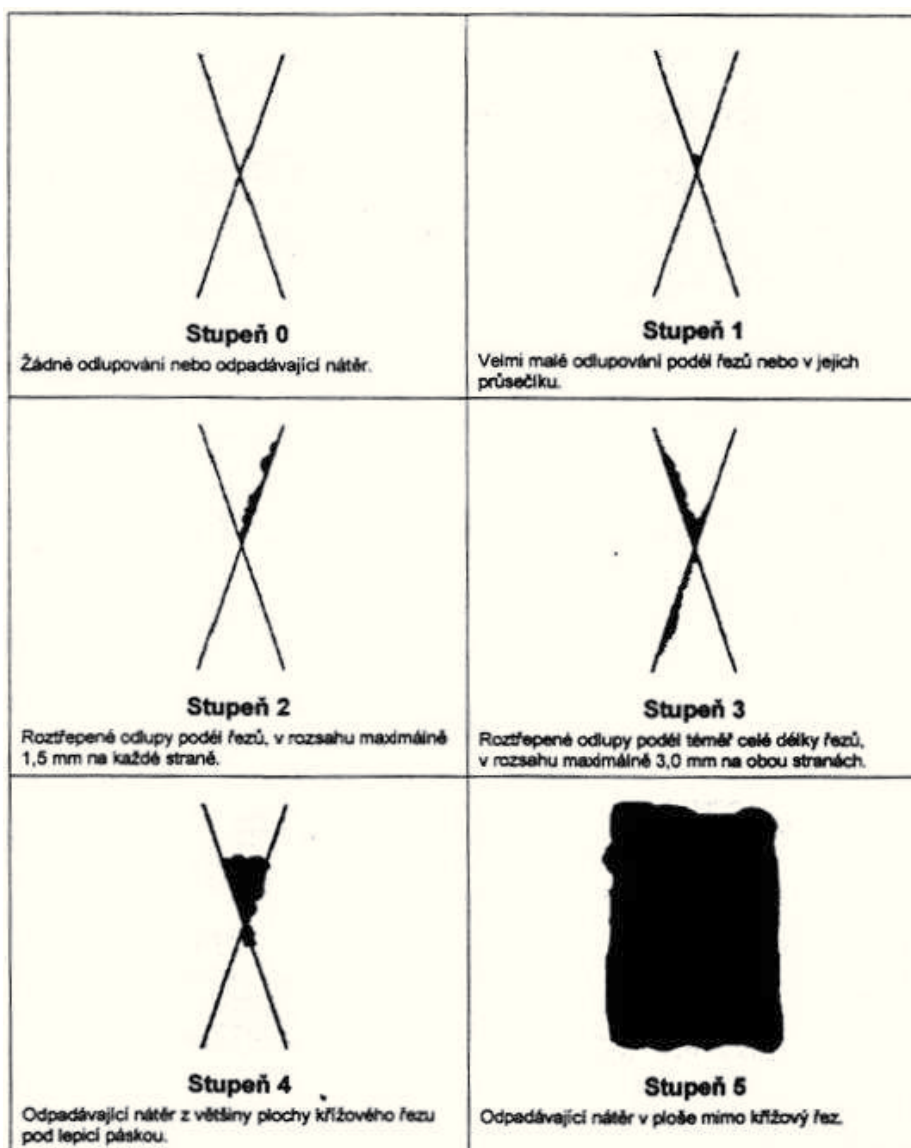
5.6.3. Vyhodnocení vzorku (E) dle ČSN EN ISO 2409

Na rozdíl od vzorku N a C byla celková klasifikace u vzorku E označena klasifikačním stupněm 0. Dodatečné odmaštění Simple Green Extrémé Aviation zapříčinilo vynikající přilnutí nátěrového systému. Hrany řezu jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.

5.7. Křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2




Tato zkouška je obdobou zkoušky mřížkové. Opět slouží ke stanovení přilnavosti nátěrové hmoty k povrchu substrátu. Vyhodnocení této zkoušky je provedeno dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Stejně jako zkouška mřížková je i tato zkouška destruktivní a byla provedena na všech vzorcích.

Na čistý povrch každého vzorku byly řezacím nožem vyhotoveny 3 křížové řezy ve tvaru X podle vodící šablony až k podkladovému substrátu. Délka řezu by měla být 40 mm a úhel, který svírají mezi sebou je cca 30 až 45°. Následně byla přiložena adhezní páska, a po dokonalém přitlačení byla sundána. Poté byly vizuálně vyhodnoceny vzniklé deformace řezů dle ČSN EN ISO 16276-2 (viz Obr. 5.13) a zapsány do tabulek (viz Tab. 5.14, 5.15, 5.16).

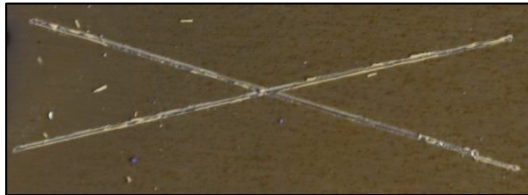

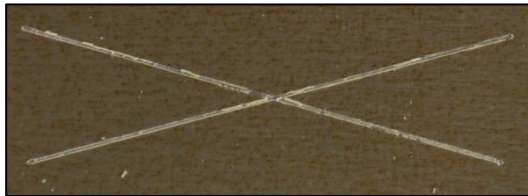


Obr. 5.13 - deformace řezů dle normy ČSN EN ISO 16276-2 [10]

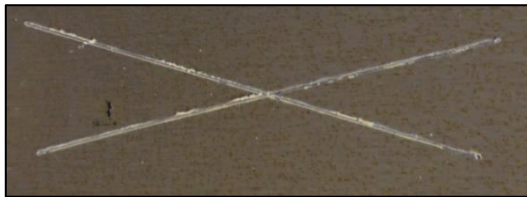
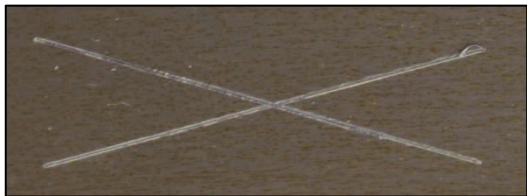

Tab. 5.14 - Vyhodnocení vzorku (N) dle ČSN EN ISO 16276-2

Vyhodnocení vzorku (N) dle ČSN EN ISO 16276-2		
Křížový řez	Graf. Znázornění	Klasifikační stupeň
č. 1		0
č. 2		0
č. 3		0

Tab. 5.15 - Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 16276-2

Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 16276-2		
Křížový řez	Graf. Znázornění	Klasifikační stupeň
č. 1		0
č. 2		0
č. 3		0

Tab. 5.16 - Vyhodnocení vzorku (E) dle ČSN EN ISO 16276-2

Vyhodnocení vzorku (E) dle ČSN EN ISO 16276-2		
Křížový řez	Graf. Znázornění	Klasifikační stupeň
č. 1		0
č. 2		0
č. 3		0

5.7.1. Vyhodnocení vzorků (N, C, E) dle ČSN EN ISO 16276-2

Na všech měřených vzorcích STANDARD (*N*, *C*, *E*) byla stanovena přilnavost nátěrové hmoty klasifikačním stupněm č. 0. Nedocházelo k žádnému odlupování a degradaci v průběhu odstranění vysokoadhézní pásky. Nátěrová hmota nanesená na všechny typy odmaštěných podkladových substrátů vykazovala vynikající adhezní vlastnosti.

5.8. *Korozní zkouška v solné mlze ČSN ISO 9227*

Korozní zkouška byla realizována v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR (viz Obr. 5.14). Tento typ komory je moderní víceúčelový systém k vyhodnocení odolnosti vůči korozi. Tato zkouška proběhla dle normy ČSN EN ISO 9227 a následné vyhodnocení dle normy ČSN EN ISO 4628.

Oblepené vzorky lepící páskou po okrajích byly umístěny na stojánek bez vzájemného doteku, a následně vloženy do korozní komory po dobu 48hod. Tato doba byla rozdělena do cyklů 0, 8, 16, 24 a 48 hodin, při kterých byly dané vzorky sledovány a foceny. Korozní zkouška v solné mlze byla provedena u vzorků STANDARD (*N*, *C*, *E*). Po vyjmutí vzorků z korozní komory byly vzorky následně opláchnuty a osušeny.

Vystavování vzorků prostředí v solné korozní komoře je srovnatelné s vystavením vzorků agresivnímu koroznímu prostředí typu C5. Porovnání simulované doby v korozní komoře s reálnou dobou (viz Tab. 5.17).

Provozní podmínky solné korozní komory:

- tlak vzduchu 3 – 4 bar,
- tlak vody 2,5 – 3 bar,
- průtok vody 0,45 l/hod,
- teplota prostředí v komoře 35°C,
- teplota navlhčovače 55°C,
- vlhkost 100%.



Obr. 5.14 - Korozní komora [18]

Tab. 5.17 - Porovnání simulované s reálnou dobou

Srovnání simulované doby s reálnou dobou za pomoci korozní komory	
Simulovaná doba	Přibližná reálná doba
8 hodin	cca 40dní
16 hodin	cca 80 dní
24 hodin	cca 120 dní
48 hodin	cca 240 dní

5.9. Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2

Tato metoda je vyhodnocována dle normy ČSN EN ISO 4628-2. Jedná se o metodu hodnotící povrchy vzorků, které byly vystaveny působení prostředí v korozní komoře. Je to metoda vizuálního hodnocení. Hodnotí se množství a velikost puchýřků na povrchu nátěrového systému pomocí referenčních obrázků (viz PŘÍLOHA A). Výsledná klasifikace hodnocení povrchu se skládá z prvního čísla (množství puchýřků na povrchu) a z druhého čísla (velikost puchýřků na povrchu). Sledování a focení a následné vyhodnocování probíhalo u všech vzorků STANDARDŮ (N, C, E). Náhled (viz PŘÍLOHA B).

Tab. 5.18 - Výsledná klasifikace dle normy ČSN EN ISO 4628-2 (puchýřkování)

Vyhodnocení stupně puchýřkování u vzorků STANDARD (N, C, E)			
Doba trvání [hod]	N	C	E
0	0 (S0)	0 (S0)	0 (S0)
8	1 (S1)	1 (S1)	1 (S1)
16	1 (S1)	1 (S1)	1 (S1)
24	2 (S2)	1 (S2)	1 (S2)
48	2 (S4)	1 (S3)	1 (S3)

Tab. 5.19 - Výsledná klasifikace dle normy ČSN EN ISO 4628-2 (prorezavění)

Vyhodnocení stupně prorezavění u vzorků STANDARD (N, C, E)			
Doba trvání [hod]	N	C	E
0	Ri 0 (S0)	Ri 0 (S0)	Ri 0 (S0)
8	Ri 5 (S2)	Ri 5 (S2)	Ri 5 (S2)
16	Ri 5 (S2)	Ri 5 (S3)	Ri 5 (S3)
24	Ri 5 (S2)	Ri 5 (S3)	Ri 5 (S3)
48	Ri 5 (S3)	Ri 5 (S4)	Ri 5 (S3)

5.9.1. Vyhodnocení stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2

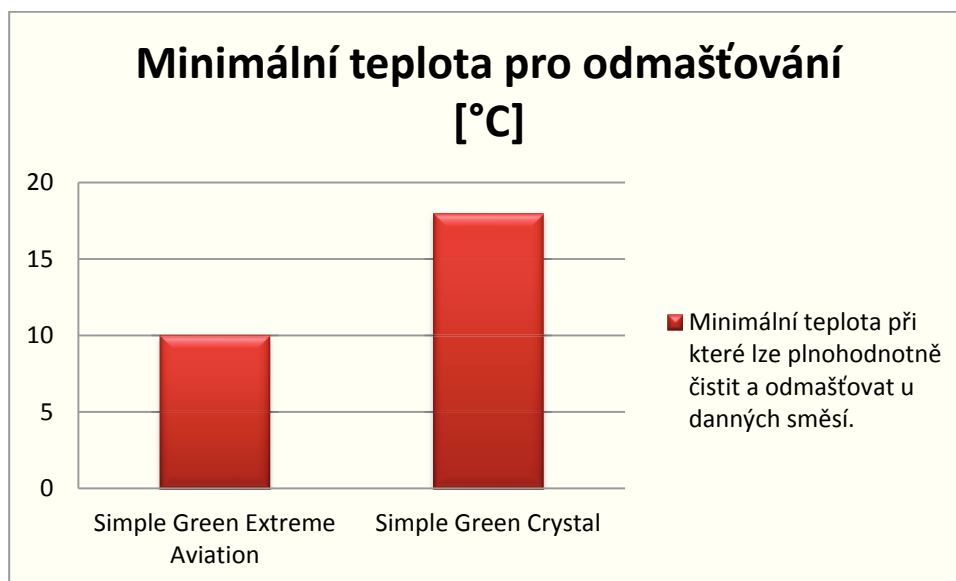
Vzhledem k prorezavění a puchýřkování si nejlépe vedl nátěr, který byl nanesen na nedodatečně odmaštěný podkladový substrát, neboli vzorek typu N. Tento vzorek byl od výrobce odmaštěn a posléze zabalen do inhibičního papíru, který zapříčiní ochranu před vlhkostí okolního prostředí.

Vzorek typu E odmaštěný v prostředku Simple Green Extreme Aviation vycházel mírně lépe, než vzorek typu C. Tato skutečnost byla zapříčiněna přítomností inhibitoru koroze v odmašťujícím přípravku. Rozsah puchýřkování byl velmi podobný u obou typů vzorků. Při hodnocení prorezavění po 48 h v solné korozní komoře vyšel nejhůře vzorek typu C.

6. Ekonomické zhodnocení:

Z ekonomického hlediska jsme došli k závěru, že je lepší aplikovat jakoukoli nátěrovou hmotu, pokud možno co nejdříve po usušení odmašťujícího roztoku, aby se zabránilo počáteční plošné bodové korozi. Takto ošetřený povrch není reaktivní a aspoň krátkodobě chráněn před okolním prostředím.

Simple Green Extreme Aviation vychází draž, ale už má v sobě obsaženy inhibitory koroze, které by mely zabránit nebo alespoň zpomalit nástup okamžité koroze. Je možné ho užít při nižších dílenských teplotách než jeho předchůdce Simple Green Crystal. Odmašťující schopnosti mají velmi podobnou.



Graf 3 - Srovnání minimálních teplot pro plnohodnotné odmaštění

7. Závěr:

Bakalářská práce je zaměřena na studium vlivů odmašťování substrátu a na vlastnosti nátěrových systémů. Cílem teoretické části bylo seznámit se s organickými povlaky. Jaké druhy a typy nátěrových hmot se vyrábějí a jakým způsobem je lze aplikovat. Dále teoretická část pojednává o vlastnostech, složení zkoumaného odmašťujícího a čistícího prostředku Simple Green Extreme Aviation. Popisuje, jakým způsobem je možné aplikovat odmašťující a čistící prostředky na různé druhy znečištění. Seznamuje s předcházejícími a konkurenčními prostředky. Veškeré tyto informace jsou potřebné pro experimentální část práce.

Popis experimentálních prací seznamuje se vzorky z nízkolegovaného plechu s označením STANDARD (S-46). Tyto vzorky jsou broušeny z jedné strany. Dále také s roztoky, ve kterých se bude provádět experimentální odmaštění. Ke každé sadě vzorků bylo přiřazeno experimentální označení. Vzorky typu N byly ponechány v dodacím stavu, bez dodatečného odmašťování. Vzorky typu C byly odmaštěny v 15 % obj. roztoku Simple Green Crystal, který měl průměrnou teplotu 18,4 °C. Vzorky typu E byly odmaštěny ve zkoumaném odmašťujícím přípravku Simple Green Extreme Aviation. Roztok byl rovněž 15 % obj. za účelem následného srovnání dosažených výsledků. Průměrná teplota roztoku byla 18,3 °C. Naměřené hodnoty a průměrné hodnoty teploty plně vyhovují požadavkům popsanych výrobcem. Při těchto teplotách je zaručena plnohodnotná čistící a odmašťující schopnost. Popis experimentálních prací rovněž seznamuje s použitou nátěrovou hmotou. Jedná se o vodu ředitelný antikorozi lak s názvem BAKRILEX. Je to alkedová nátěrová hmota, která je určena pro krátkodobou antikorozi ochranu vůči korozi vlivům. Antikorozi lak byl ředěn v poměru (1:10) pitnou vodou. Nanášení tohoto nátěrového systému bylo prováděno pneumatickým stříkáním ve stolové kabině. Všechny vzorky byly nastříkány jednou souvislou vrstvou o tloušťce cca 75 µm (mokrý vrstvy).

Samotné vyhodnocení experimentálních prací pojednává o jednotlivých zkouškách prováděných na vzorcích s experimentálním označením (N, C, E).

Zkouškou pro stanovení čistoty jsme zjistili, že nejlépe dopadl vzorek s experimentálním označením N. Na povrchu vzorku C, ihned po usušení byla znatelná bodově plošná koroze o rozsahu zhruba 20 %. Vzorek typu E dopadl o něco lépe z důvodu přidání pasivační složky. Bodová koroze byla do 20 %. Povrch je méně reaktivní, ale i přes to je zapotřebí aspoň minimální povrchové úpravy např. aplikací nátěrové hmoty.

Zkouškou prašností povrchu jsme po důkladném prozkoumání došli k závěru, že povrch všech vzorků je vizuálně i technicky čistý. Nebyly nalezeny žádné nečistoty na povrchu podkladového substrátu. Povrch typu STANDARD (S-46) je vhodný pro následnou aplikaci vodou ředitelné nátěrové hmoty.

Zkouškou pro stanovení drsnosti povrchu bylo zjištěno, že drsnost v podélném směru byla podstatně menší. Daný fakt poukazuje na směr broušení v průběhu mechanické před úpravy povrchu podkladového substrátu. Naměřená průměrná hodnota $R_a = (0,50 \pm 0,085) \mu m$ a $R_z = (2,85 \pm 0,57) \mu m$. Naměřené hodnoty drsnosti povrchu podkladového substrátu v příčném směru byly podstatně vyšší. Výsledné naměřené a zprůměrované hodnoty byly $R_a = (0,92 \pm 0,062) \mu m$ a $R_z = (7,17 \pm 0,61) \mu m$. Podkladový substrát je ideální pro nanesení tenké vrstvy nátěrové hmoty za účelem krátkodobé antikorozi ochrany. Pro nanesení vyšších tloušťek nátěrové hmoty pro dlouhodobou ochranu je zapotřebí provést mechanickou před úpravu např. otryskáváním ostrohrannou drtí.

Pro zkoušku viskozity byl za pomoci stopek naměřen čas, za který barva proteče z výtokového pohárku skrz trysku o průměru 4 mm. Naměřená hodnota času neboli doba tečení je 71,45 s. Užitím vzorce byla zjištěna kinetická viskozita $\nu = 95,09 \text{ mm}^2/\text{s}$. Po provedení výpočtu bylo zjištěno, že viskozita nátěrové hmoty je dostatečná, tzn. vodou ředitelná nátěrová hmota je dostatečně viskózní a není nutné provádět další dodatečné ředění. Nátěrovou hmotu lze nanášet nátěrovým pravítkem, štětcem případně pneumatickým stříkáním.

Pro vyhodnocení zkoušky, která pojednává o tloušťce nátěru suché vrstvy, bylo zapotřebí na každém vzorku provést 10 měření. Tloušťka nanesené a vysušené barvy se pohybovala od 40 do 55 μm . Průměrná hodnota suché vrstvy byla kolem 50 μm . Tyto hodnoty naneseného a vytvrzeného nátěru jsou dostatečné pro následující experimenty. Odchylka naměřených hodnot se pohybovala do 10 % výsledné nanesené suché vrstvy. Byly splněny veškeré podmínky.

Vyhodnocení mřížkové zkoušky. Průměrná tloušťka nátěrové hmoty se pohybovala v rozmezí 0 μm - 60 μm , proto byl volen 1 mm rozestup řezů, pro tvrdé podklady. Výsledná klasifikace je vyhodnocena klasifikačním stupněm 1. Docházelo k odlupování nanesené nátěrové hmoty v místě křížení řezu. Nátěrová hmota dostatečně přilnula k podkladovému substrátu. U vzorku typu C je dosažena celková klasifikace opět označena klasifikačním

stupněm 1. Malé kousky nátěrové hmoty povlaku odloupnuty v místě křížení řezu. Poškozená plocha je menší než 5 %. Nátěrová hmota dostatečně přilnula. Na rozdíl od vzorku N a C je celková klasifikace u vzorku E označena klasifikačním stupněm 0. Dodatečné odmaštění Simple Green Extrême Aviation zapříčinilo vynikající přilnutí nátěrového systému. Hrany řezu jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.

U zkoušky křížovým řezem bylo zjištěno, že u všech měřených vzorků STANDARD (*N*, *C*, *E*) byla stanovena přilnavost nátěrové hmoty klasifikačním stupněm č. 0. Nedocházelo k žádnému odlupování a degradaci v průběhu odstranění vysokoadhézní pásky. Nátěrová hmota nanesená na všechny typy odmaštěných podkladových substrátů vykazovala vynikající adhezní vlastnosti.

Zkouškou puchýřkováním si vzhledem k prorezavění a puchýřkování nejlépe vedl nátěr, který byl nanesen na nedodatečně odmaštěný podkladový substrát, neboli vzorek typu N. Tento vzorek byl od výrobce odmaštěn a posléze zabalen do inhibičního papíru, který zapříčiní ochranu před vlhkostí okolního prostředí. Vzorek typu E odmaštěný v prostředku Simple Green Extrême Aviation vycházel mírně lépe, než vzorek typu C. Tato skutečnost byla zapříčiněna přítomností inhibitoru koroze v odmašťujícím přípravku. Rozsah puchýřkování byl velmi podobný u obou typů vzorků. Při hodnocení prorezavění po 48 h v solné korozní komoře vyšel nejhůře vzorek typu C.

Z ekonomického hlediska vyplývá, že je lepší aplikovat jakoukoli nátěrovou hmotu pokud možno co nejdříve po usušení odmašťujícího roztoku, aby se zabránilo počáteční plošně bodové korozi. Takto ošetřený povrch není reaktivní a alespoň krátkodobě je chráněn před vlivy okolního prostředí.

Simple Green Extrême Aviation vychází draž, ale již má v sobě obsaženy inhibitory koroze, které by měly zabránit nebo alespoň zpomalit nástup okamžité koroze. Je možné ho užít při nižších dílenských teplotách než předcházející Simple Green Crystal. Po všech provedených a vyhodnocených zkouškách, jsem zjistil, že připravené roztoky mají velmi podobné odmašťující schopnosti. Z mřížkové zkoušky vyplývá, že nejlépe odmaštěná plocha je na povrchu vzorku E, kde alkedová nátěrová hmota nejlépe přilnula.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [3] BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P. *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.
- [4] ČSN ISO 8501-1: *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie – část 1*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6.
- [6] ČSN EN ISO 4287: *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [7] ČSN ISO 8502-3: *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [8] ČSN EN ISO 2431 *Nátěrové hmoty – Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky*
- [9] ČSN EN ISO 2409: *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [10] ČSN EN ISO 16276-2: *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

- [11] ČSN EN ISO 9227 – *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky solnou mlhou*, Praha, ČNI, 2007
- [12] ČSN EN ISO 4628-2: *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [13] *Simple green* [online]. [cit. 2013-02-22].
URL:< <http://www.simplegreen.cz/products/simplegreen-extreme-precision-cleaner/>>
- [14] *Simple green* [online]. [cit. 2013-03-19].
URL:< <http://www.simplegreen.cz/products/produkt-1/>>
- [15] *Simple green* [online]. [cit. 2013-03-19].
URL:< <http://www.simplegreen.cz/products/simple-green-motorsport/>>
- [16] *Minec* [online]. [cit. 2013-03-19].
URL:< <http://new.minec.cz/nove/content/obsah?pid=126&typ=kategorie>>
- [17] *Pragochema* [online]. [cit. 2013-03-19].
URL:<<http://www.pragochema.cz/?start=2&lan=cz&vyr=Kapalne-odmastovaci-pripravky>>
- [18] *Klima-testtechniek* [online]. [cit. 2013-04-20].
URL:<http://www.klima-testtechniek.nl/producten/corossietesten/zoutsproeikisten.php?we_objectID=276#>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A	Stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2
PŘÍLOHA B	Obrázky vzniku puchýřků a prerezavění po ponechání v korozní komoře.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 - Navalovací zařízení se třemi válci	17
Obr. 1.2 - Nanášení nátěrové hmoty máčením	18
Obr. 1.3 - Tunelová stříkací kabina	19
Obr. 1.4 - Princip nanášení v el. poli vysokého napětí	21
Obr. 1.5 - Schéma zařízení pro stříkání v el. poli	22
Obr. 1.6 - Schéma zařízení na odstředivé rozprašování nátěrové hmoty v el. poli	22
Obr. 2.1 - Simple green extrémě (balení)	23
Obr. 2.2 - Simple Green Extrémě Motorsport Degrese (láhev s rozprašovačem)	24
Obr. 4.1 - Fotografie vzorku STANDARD (S-46)	28
Obr. 4.2 - Měřicí přístroj ELCOMETER	29
Obr. 5.1 - Běžný optický přístroj NEOPHOT 2	31
Obr. 5.2 - Povrch vzorku STANDARD (S-46), (zvětšení 200x)	31
Obr. 5.3 - vlevo - Povrch vzorku C; vpravo - Povrch vzorku E,(zvětšení 200x)	32
Obr. 5.4 - Obrazová stupnice množství prachu	33
Obr. 5.5 - MITUTOYO SJ 301	35
Obr. 5.6 - Parametr drsnosti Ra	36
Obr. 5.7 - Parametry drsnosti Rz, Rp, Rv	36
Obr. 5.8 - Graf hodnot drsnosti vzorku STANDARD (N) v podélném směru	37
Obr. 5.9 - Graf hodnot drsnosti vzorku STANDARD (N) v příčném směru	38
Obr. 5.10 - Výtokový pohárek (foto před měřením)	40
Obr. 5.11 - Elcometer 345	41
Obr. 5.12 - Klasifikační stupně ČSN EN ISO 2409	43
Obr. 5.13 - deformace řezů dle normy ČSN EN ISO 16276-2	46
Obr. 5.14 - Korozní komora	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 - Obchodní označení	28
Tab. 4.2 - Chemické složení vzorku STANDARD	28
Tab. 4.3 - Označení zkušebních vzorků	29
Tab. 4.4 - Teplota odmašťovacích roztoků	29
Tab. 4.5 - Stanovené parametry	30
Tab. 5.1 - Třídy velikosti prachových částic podle normy ČSN ISO 8502-3	33
Tab. 5.2 - Vyhodnocení prašnosti povrchu	34
Tab. 5.3 - Nastavené parametry přístroje	35
Tab. 5.4 - Přístrojem měřené parametry	36
Tab. 5.5 - Hodnoty drsnosti vzorku STANDARD (N) v podélném směru	37
Tab. 5.6 - Hodnoty drsnosti vzorku STANDARD (N) v příčném směru	38
Tab. 5.7 - Vzorce pro výpočet viskozity	39
Tab. 5.8 - Doba tečení	40
Tab. 5.9 - Hodnoty tloušťky suché vrstvy	41
Tab. 5.10 - Tloušťka nátěru dle ČSN EN ISO 2409	43
Tab. 5.11 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro N	44
Tab. 5.12 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro C	44
Tab. 5.13 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro E	45
Tab. 5.14 - Vyhodnocení vzorku (N) dle ČSN EN ISO 2409	47
Tab. 5.15 - Vyhodnocení vzorku (C) dle ČSN EN ISO 2409	47
Tab. 5.16 - Vyhodnocení vzorku (E) dle ČSN EN ISO 2409	48
Tab. 5.17 - Porovnání simulované s reálnou dobou	50
Tab. 5.18 - Výsledná klasifikace dle normy ČSN EN ISO 4628-2 (puchýřkování)	50
Tab. 5.19 - Výsledná klasifikace dle normy ČSN EN ISO 4628-2 (prorezavění)	50

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Srovnání průměrné tloušťky suché vrstvy	42
Graf 2 - Hodnoty jednotlivých tloušťek suché vrstvy pro všechny vzorky	42
Graf 3 - Srovnání minimálních teplot pro plnohodnotné odmaštění	51